



URIEN MITTAUS

Uramittalaitteen suunnittelu ja valmistus

Tuomas Suoranta

Opinnäytetyö
Tammikuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys
09I111

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TUOMAS SUORANTA

Urien mittaus
Uramittalaitteen suunnittelu ja valmistus

Opinnäytetyö 50 sivua, liitteitä 7 sivua
Tammikuu 2015

Opinnäytetyössä tutkitaan eri mittausmenetelmiä paperikoneen urabeltin vesitilavuuden laskemiseen. Tavoitteena on saada urabeltin tuotantovaiheeseen nykyistä nopeampi ja tarkempi mittausmenetelmä. Mittaustuloksista pitää myös saada paremmin niihin verrattavia mittaustuloksiin, jotka on saatu käytettyjen beltien mittauksista.

Paperikoneen puristinosalla voidaan käyttää joko telapuristinta tai kenkäpuristinta. Näistä kenkäpuristin on huomattavasti tehokkaampi vaihtoehto pidemmästä puristusajasta johtuen. Vettä voidaan poistaa joka sileällä tai uritetulla beltillä. Uritetun beltin käyttö on huomattavasti tehokkaampaa ja taloudellisempaa, kuin sileän beltin käyttö.

Vanha mittausmenetelmä on ottaa viisi silikonivalosta valmiin beltin pinnasta. Nämä valokset sitten lähetetään laboratorioon tutkittavaksi. Laboratorio ottaa valoksien poikileikkauksista valokuvat ja siirtää ne kuvakäsittelyohjelmaan. Kuvankäsittelyohjelmalla saadaan mitattua urien syvyys, urien leveys, kannaksen leveys ja urien tilavuus. Näistä tärkein tieto on urien tilavuus, koska se määrittää beltin vedenpoistokyvyn.

Silikonivaloksien ottaminen on kuitenkin hidasta ja epätarkkaa, joten tämä menetelmä halutaan korvata jollain muulla. Asiakkaille tehtäviä mittauksia varten on kehitetty kannettava beltskanneri, jolla voidaan mitata koko beltin kuljettamalla skanneria beltin pinta pitkin. Toinen vastaava skanneri on tarkoitus ottaa käyttöön urituskoneella, jotta silikonivaloksia ei enää tarvita.

Skannerin käyttöä urituskoneella tutkittiin, mutta se todettiin liian hankalaksi ja epätarkaksi menetelmäksi. Tästä päädyttiin siihen, että urituskoneeseen tehdään kiinteä mittausjärjestelmä käyttäen samaa mittausperiaatetta kuin skanneri.

Urituskoneeseen sijoitetaan sen liikettä seuraava anturi ja beltin pinnanmuotoa seuraava laser-anturi. Antureista tuleva data syötetään ohjelmaan, joka näyttää mittaajalla urien mitat, sekä tallentaa mittatiedoston tietokantaan. Mittatiedosto voidaan myöhemmin ajaa laskentaohjelman läpi, joka tekee raportin beltin urien mitoista ja vedenpoisto tilavuuksista.

Asiasanat: paperikone, beltin, vedenpoisto, skanneri, ura

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Product development

Tuomas Suoranta
Groove measurement
Designing and manufacturing a groove measurement device

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 7 pages
January 2015

This thesis examines the different methods of measuring water removing capacity of grooved belts. The goal is to get more efficient and reliable way of measuring the grooves in the production phase of the belt. The measurement results also should be more comparable to the measurements results obtained from the used belts at customers.

The paper machine press section can use either roll presses or shoe presses. From these the shoe press is much more efficient alternative due to the longer time of compression. Water can be removed using either smooth or grooved belt. Using grooved belt is much more efficient and economical.

The old method of measuring the grooves, is to take five silicone casting from the surface of the belt. These castings are then sent to the laboratory for further examination. Laboratory cuts a thin slice from the silicone castings and photographs them. The photograph is then loaded to an image editing software, where the measurer can measure groove depth, groove width and the volume of the grooves. Of these, the most important information is the volume of the grooves, because it determines the belts dewatering capacity.

Making silicone castings is slow and inaccurate, so this method needs to be replaced with something else. For measurements taking place at the customers, Metso has developed a portable scanner. The scanner measures the hole width of the belt by passing over it. The idea is to use a similar scanner at the grooving stage of the belts production, so that the silicon casting wouldn't be needed anymore.

Using the scanner at the grooving machine was investigated, but it was found too difficult and inaccurate to use. From this it was decided to integrate an new measuring system to the grooving machine, using the same principle as the scanner.

A movement sensor and a laser-distance sensor are embedded to the grooving machine. The data from the sensors is fed to a program that shows the groove dimensions to the user and saves a measurement file to the database for later use. The measurement file can then be later used for making a belt-report which shows the dewatering capacity of the belt.

Key words: paper machine, belt, water removal, scanner, groove

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TEHTÄVÄ	6
3	VEDENPOISTO PAPERIKONEEN PURISTINOSALLA.....	7
3.1	Kenkäpuristin.....	7
3.2	Sileä ja uritettu beltti.....	9
3.3	Uritetun beltin vesitilamittaus.....	10
4	MITTAUSTAVAT TUOTANTOVAIHEESSA.....	11
4.1	Valmiin urituksen mittaus.....	11
4.1.1	Silikoninapit.....	11
4.1.2	Belt -skanneri	13
5	MITTAUSTAPOJEN TUTKIMINEN JA VALINTA.....	15
5.1	Mittaustavan valintaperusteet	16
5.1.1	Mittauksen kriteerit	16
5.1.2	Mittaustavan vaihtoehdot	17
5.2	Vaihtoehdon valinta	18
6	SKANNERIN KOMPONENTIT JA TOIMINTAPERIAATE	19
6.1	Laseranturi	19
6.2	Pulssianturi.....	20
6.3	Tiedonkeruuyksikkö	21
6.4	Paneeli-PC	22
7	MITTALAITTEEN SUUNNITTELU	23
7.1	Vaatimukset mittalaitteelle	23
7.2	Komponenttien valinta.....	24
7.2.1	Komponenttien paikat ja kiinnitys	25
8	KIINNITYSTEN SUUNNITTELU JA VALMISTUS	28
8.1	Käyttöliittymän suunnittelu	32
8.2	Laskenta	35
9	MITTALAITTEEN TESTAUS JA TULOKSET	38
9.1	Testaaminen	38
9.2	Tulokset	40
10	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET	42
	LIITTEET.....	43
	Liite 1. Mittauspöytäkirja	44
	Liite 2. Uramittalaitteen käyttöohje.....	46

1 JOHDANTO

Tammikuussa 2013 tuli mahdolliseksi tehdä opinnäytetyö Metso Fabricsille (nykyään Valmet) Tampereella. Aihe liittyy paperikoneen vedenpoistobelttien vesitilavuuksien määrittämiseen ja mittaamiseen tuotannossa sekä asiakkaalla.

Metso Fabricsilla on käytössä eräänlainen kannettava skanneri, joka on tarkoitettu asiakkailla jo paperikoneessa paikoillaan olevien belttien vesitilavuuksien mittaamiseen. Tuotannossa uudesta beltistä otettiin silikonivalokset, joista kuvankäsittelyohjelman avulla määritettiin vesitilavuus, sekä urien syvyydet ja leveydet. Nyt kuitenkin haluttiin nopeuttaa tuotantoa ja ottaa skanneri käyttöön myös tuotantovaiheessa. Näin saataisiin paremmin keskenään verrattavia tuloksia asiakkaiden käytettyjen belttien mittaustuloksista, ja tehtaalla tehtyjen uusien belttien mittaustuloksista.

2 TEHTÄVÄ

Tehtävänä oli mitata beltin urien vesitilavuuksia. Tätä varten oli olemassa tarkoitukseen kehitetty skanneri, joka haluttiin osaksi tuotannon viimeistelyä.

Työ aloitettiin tutustumalla skanneriin, sekä opettelemalla tekemään sillä mittauksia. Skannerista kuitenkin löytyi melko pian parannettavaa. Tuotantoon tuleva skanneri tuli sijoittaa tuotannon viimeistelyvaiheella olevalle urituskoneelle. Muutamaa eri vaihtoehtoa tutkittiin, mutta lopulta päädyttiin siihen, että olisi helpompaa tehdä kokonaan uusi mittausjärjestelmä, perustuen kannettavan skannerin tekniikkaan. Tässä kohtaa tehtäväksi muuttui suunnitella ja valmistaa uusi mittausjärjestelmä.

Opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti vedenpoistosta paperikoneen puristinosalla, urien vesitilojen ja poistettavan vesimäärän yhteydestä. Opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin urien erilaisiin mittaukstopoihin, sekä tuotantoon tulevan uuden mittausjärjestelmän suunnitteluun ja valmistukseen.

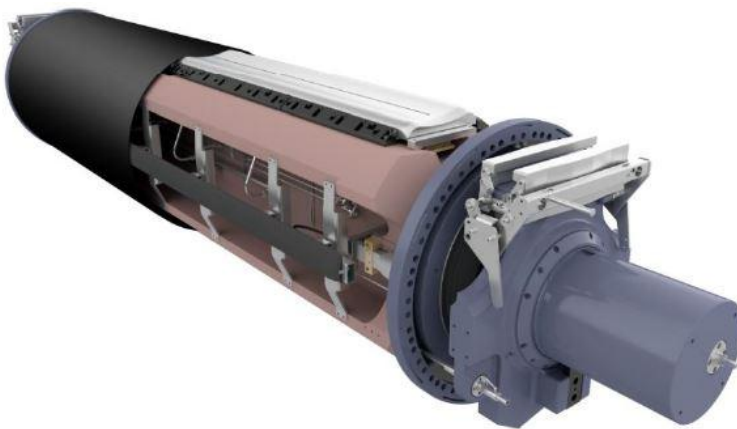
3 VEDENPOISTO PAPERIKONEEN PURISTINOSALLA

Puristinosa sijaitsee paperikoneessa viiraosan ja kuivatusosan välissä. Puristinosalla paperi- kartonki- tai selluloosarata kulkee puristihuopien kuljettamana kahden telan välissä, jossa radasta puristetaan vettä pois noin 25 % . Puristinosalla on tarkoitus saada mahdollisimman paljon vettä "mankeloitua" pois, jotta kuivatusosalla ei tarvittaisi enää niin paljon energiaa halutun kuiva-ainepitoisuuden saavuttamiseksi.

Puristinteloja on monenlaisia. Niiden pinta voi olla sileä, uritettu, sokeaporattu, läpi rei'itetty tai niiden yhdistelmä. Läpi rei'itettyä telaa kutsutaan imutelaksi, koska vesi voidaan imeä paperista telassa olevien reikien läpi telan sisällä olevan alipaineen avulla. Tela voi olla kova terästela tai sen päällä voi olla pehmeämpi uretaanipinnoite pidemmän nipin aikaansaamiseksi.

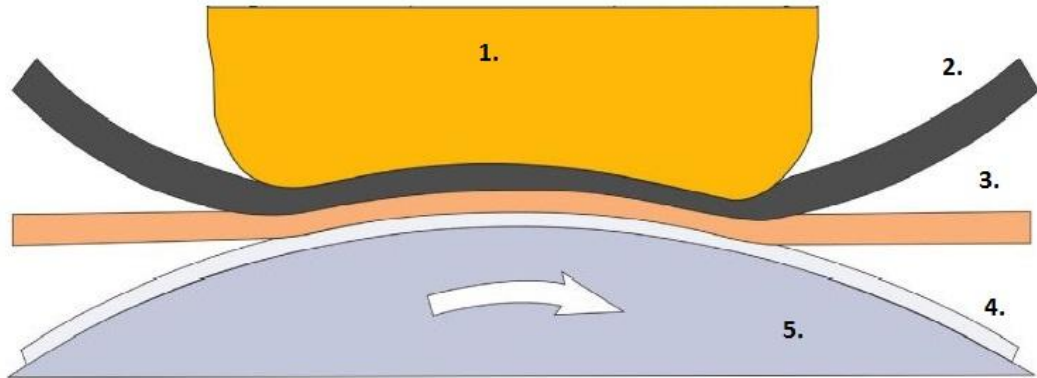
3.1 Kenkäpuristin

Jotta paperin puristusaika saataisiin mahdollisimman pitkäksi, on teloja korvattu kenkä-teloilla, jolloin paperi puristuu kuivemmaksi kuin perinteisillä teloilla. Kuvassa 1 on esitetty Valmetin SymBelt kenkätela, jossa näkyy lähes telan levyinen kaareva ”kenkä”. Kenkätelaa ympäröi musta hihnavaippa eli beltti. Kengän ja beltin välissä on aina öljykalvo, jonka avulla kitka ei nouse liian korkeaksi. Kun vastatela puristuu kenkätelan kenkää vasten, saadaan puristusaika pidemmäksi kuin normaalissa telapuristimessa.



KUVA 1 Valmet SymBelt kenkätela (Satu Hagfors: Belt for extreme shoe press conditions.pdf)

Kuvassa 2 on periaatekuva kenkäpuristimesta. Kuvaan on merkitty kenkä (1), kenkäpuristimen ympäri pyörivä belt (2), välissä puristettava paperi (3), alemman telan päällä olevan puristinhuopa (4), sekä alempi pyörivä vastatela (5).



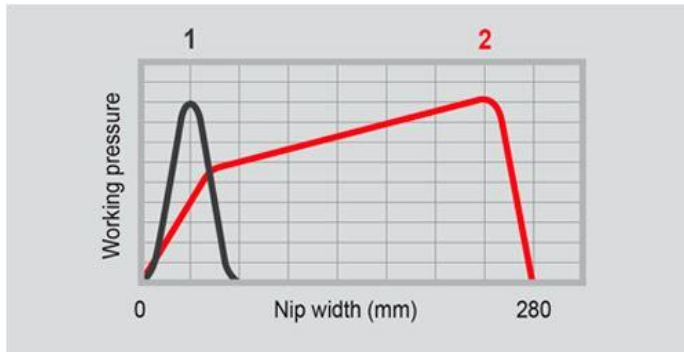
KUVA 2 Kenkäpuristin (Satu Hagfors: Belt for extreme shoe press conditions.pdf)

Kenkäpuristimen hihnavaiippa eli belt (kuva 3) on ikään kuin irtotelapinnoite. Kenkätelan sisäosat ovat kiinteitä ja vain päätylaipat ja belt pyörivät. Beltti kiinnitetään kenkätelan päätyihin kiinnityssektorien avulla. Beltin päädyissä olevat läpät auttavat kohdistamaan beltin oikein. Koska kenkätela ei ole pyöreä, täytyy beltin olla elastinen ja mukautua puristus-, venytys ja taivutuskuormituksiin.



KUVA 3 BalckBelt (www.valmet.com)

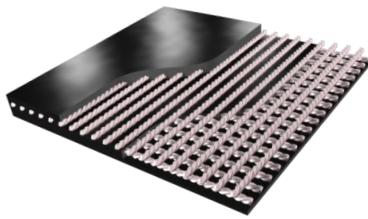
Kuvassa 4 nähdään kaksi painekäyrää. Ensimmäinen (1) kuvaa painetta normaalissa telapuristimessa ja toinen (2) kuvaa painetta kenkäpuristimessa. Kenkäpuristimessa syntyvää painekäyrää on helppo muokata muuttamalla kenkäpuristimen muotoa, kun taas telapuristuksessa painekäyrä on aina samanmuotoinen.



KUVA 4 Paineikäyrät (www.hergen.com)

3.2 Sileä ja uritettu beltti

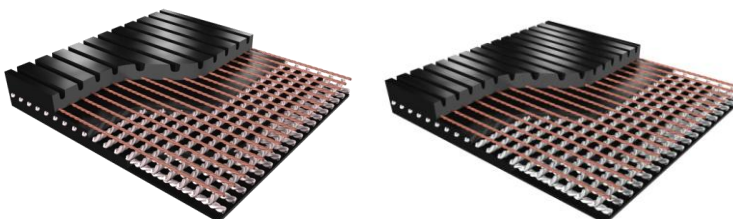
Kun vedenpoistossa käytetään sileää belttiä, vesi imeytyy puristinhuopaan, josta se pitää imeä imulaatikolla pois. Sileitä belttejä käytetään yleensä hitailla koneilla, joilla keskipakoisvoima ei olisi riittävä tyhjentämään vettä urista kaukaloon. Kuvassa 5 on sileä beltti.



KUVA 5 Sileä beltti (www.valmet.com)

Nopeat paperikoneet käyttävät lähes aina uritettuja belttejä. Uritettua belttiä käytettäessä vesi poistuu uria pitkin nippiin ja sieltä kaukaloon. Joskus nippivedenpoisto on niin tehokasta, että imulaatikoita ei tarvitse pitää päällä, jolloin saavutetaan huomattavia energiasäästöjä.

Urabeltin urien koko ja niiden tuoma vesitila valitaan aina paperilaadun ja poistettavan vesimäärän mukaan. Kuvassa 6 on esimerkit eri kannaksen leveydellä olevista belteistä.



KUVA 6 Erilaisia urituksia beltin pinnassa (www.valmet.com)

3.3 Uritetun beltin vesitilamittaus

Urabeltin käyttö on huomattavasti tehokkaampaa ja taloudellisempaa kuin sileän beltin käyttö. Urabeltin käytössä on kuitenkin tärkeää, että beltin urien vesitila säilyy koko beltin eliniän, joten beltin kuluneisuuden seuranta on tärkeää. Käytössä olevien urabeltien vesitilavuuksia seuraamalla voidaan suunnitella beltin vaihdon ajankohta. Sekä ennakoida mahdolliset ongelmat, jos beltti on esimerkiksi kulunut epätasaisesti tai epätavallisen paljon. Beltin käyttöikä on kolmesta kuukaudesta aina kolmeen vuoteen, riippuen koneen nopeudesta ja puristimen kuormituksesta.

Belttien vesitilavuus ilmoitetaan veden poistokykynä g/m^2 . Normaalista beltti menettää vesitilavuudestaan ensimmäisen kuukauden aikana noin 30-50 grammaa, tämä johtuu beltin kulumisesta ja turpoamisesta. Ensimmäisen kuukauden jälkeen normaali kulumus vähentää vesitilavuutta noin 5-10 grammaa jokaista 10 miljoonaa nippiä kohden.

4 MITTAUSTAVAT TUOTANTOVAIHEESSA

Valmis urittamaton beltin tuodaan urituskoneelle. Urituskoneen tehtävä on jyrsiä vedenpoistourat belttiin, hioa ja harjata beltin puhtaaksi, sekä leikata beltin päätyläpät joilla beltin kiinnitetään paperikoneeseen. Uuden beltin urittaminen aloitetaan ajamalla ensin noin 10-20 koeuraa. Koeurat mitataan, ja jos urien mitat vastaavat haluttuja arvoja, beltin varsinainen uritus voidaan aloittaa. Koeurat mitataan perinteisesti syvyystyöntömitalla muutamasta urasta.

4.1 Valmiin urituksen mittaus

Kun koeuritus on todettu hyväksi, aloitetaan beltin varsinainen urittaminen. Urien jyrinnän jälkeen beltin pinta hiotaan ja harjataan sekä puhdistetaan vielä paineilmalla. Valmis uritus voi olla jopa 14 metriä pitkä, jossa uria on noin 7000 kappaletta. Muutaman uran mittaaminen ei kerro tarpeeksi koko beltin leveydeltä, siksi mittapisteitä on otettava enemmän.

4.1.1 Silikoninapit

Käytössä oleva mittaustapa on laittaa silikonimassaa päästä auki leikattuun lääkeruiskuun (kuva 8), ja painaa viisi ruiskua viiteen kohtaan beltin pituussuunnassa. Silikonin kuivuttua saadaan viisi noin 10 mm halkaisijaltaan olevaa silikoninappia. Napit lähetetään laboratorioon, jossa jokaisen napin keskeltä leikataan ohut siivu, kuva 9.

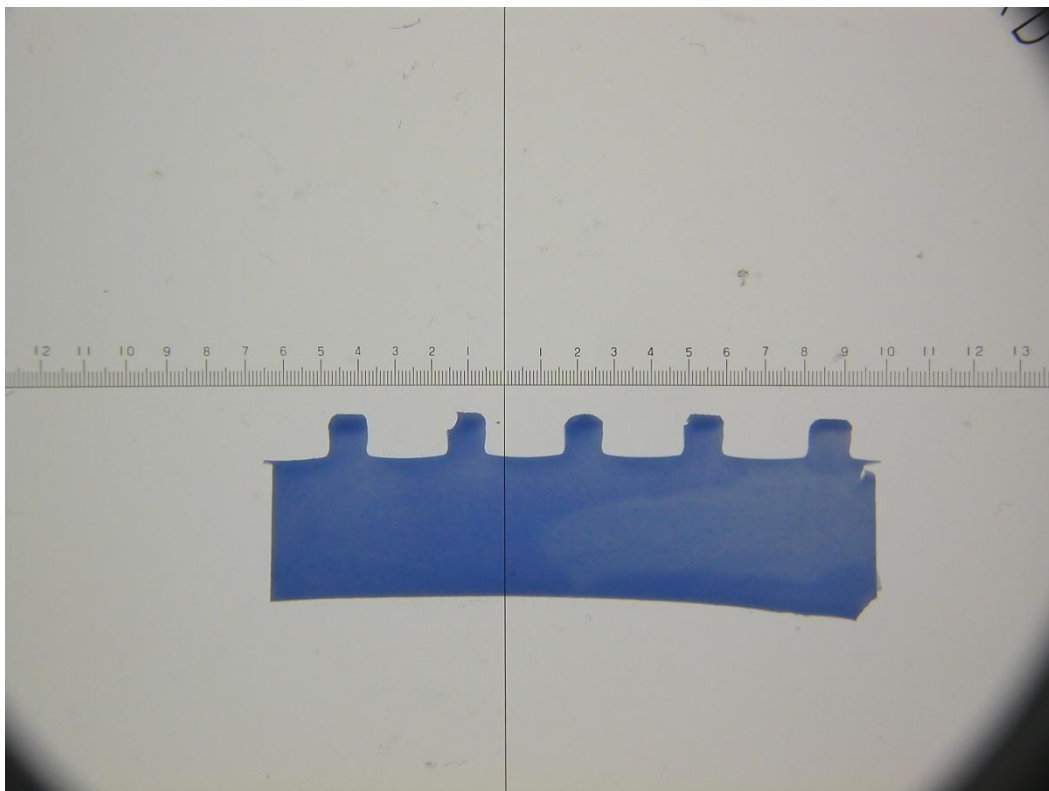


KUVA 7 Silikoninappien teko (Metso: Customer service and follow-up.pdf)



KUVA 8 Leikattu silikoninappi (Juha Nieminen: Belt castin analysis.pdf)

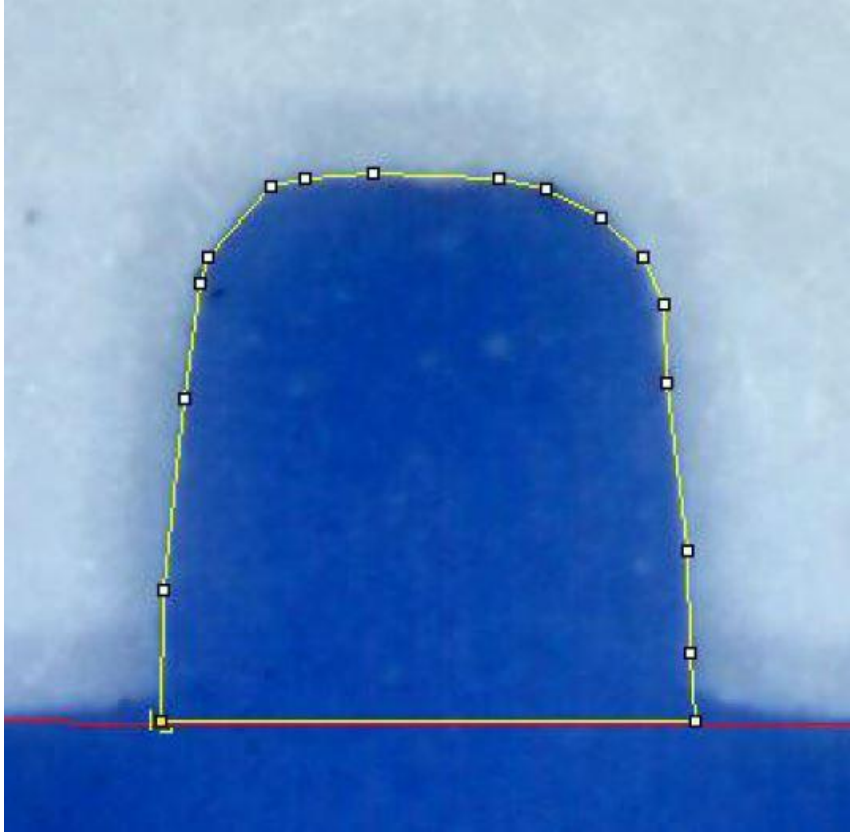
Tämän jälkeen leikattu siivu kuvataan kameralla ja kuva ladataan kuvankäsittelyohjelmaan. Kuva otetaan linssin läpi, jossa on mitta-asteikko, kuva 10. Kuvassa 10 tulee huomata, että näytteen huiput ovat todellisuudessa urien pohjia.



KUVA 9 Leikattu siivu mitta-asteikon kanssa (Juha Nieminen: Belt castin analysis.pdf)

Kuva 10 ladataan kuvankäsittelyohjelmaan, jossa ohjelmalle kerrotaan skaala kuvan pikseleiden ja todellisen mitta-asteikon välillä. Koska käyttäjä kertoo skaalan ohjelmalle, kuvien ottamiseen voidaan käyttää mitä tahansa digitaalikameraa, kunhan kuvan resoluutio tiedetään.

Seuraavaksi ohjelman käyttäjä määrittää kannaksen ja uran leveyden sekä syvyyden, sekä jäljittelee uran profiilin. Kuvassa 11 mittaaja on jäljitellyt kannaksen huipun suoralla punaisella viivalla ja uran muodon keltaisella viivalla. Näistä viivoista mitataan uran mitat ja tilavuus. Mittaustulokset syötetään mittauspöytäkirjaan, esimerkki mittauspöytäkirjasta on liitteessä 1.



KUVA 10 Uramittojen määrittäminen kuvankäsittelyohjelmassa (Juha Tapio Nieminen: Belt casting analysis.pdf)

4.1.2 Belt -skanneri

Metso Fabrics on kehittänyt kannettavan skannerin urien mittaamisen asiakkaan luona, eli silloin kun beltin on jo kiinni paperikoneessa. Skannerin toiminta perustuu laser säteeseen (skannerin pohjassa), joka seuraa beltin pintaa ja tallentaa siitä etäisyystietoa skannerin muistiin. Skannerilla mittaus tapahtuu siten, että mittausohjelma käynnistetään, ja skanneria kuljetetaan käsin beltin pintaa pitkin koko beltin leveydeltä. Kuvassa 12 on eräs versio skannerista.



KUVA 11 Skanneri (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

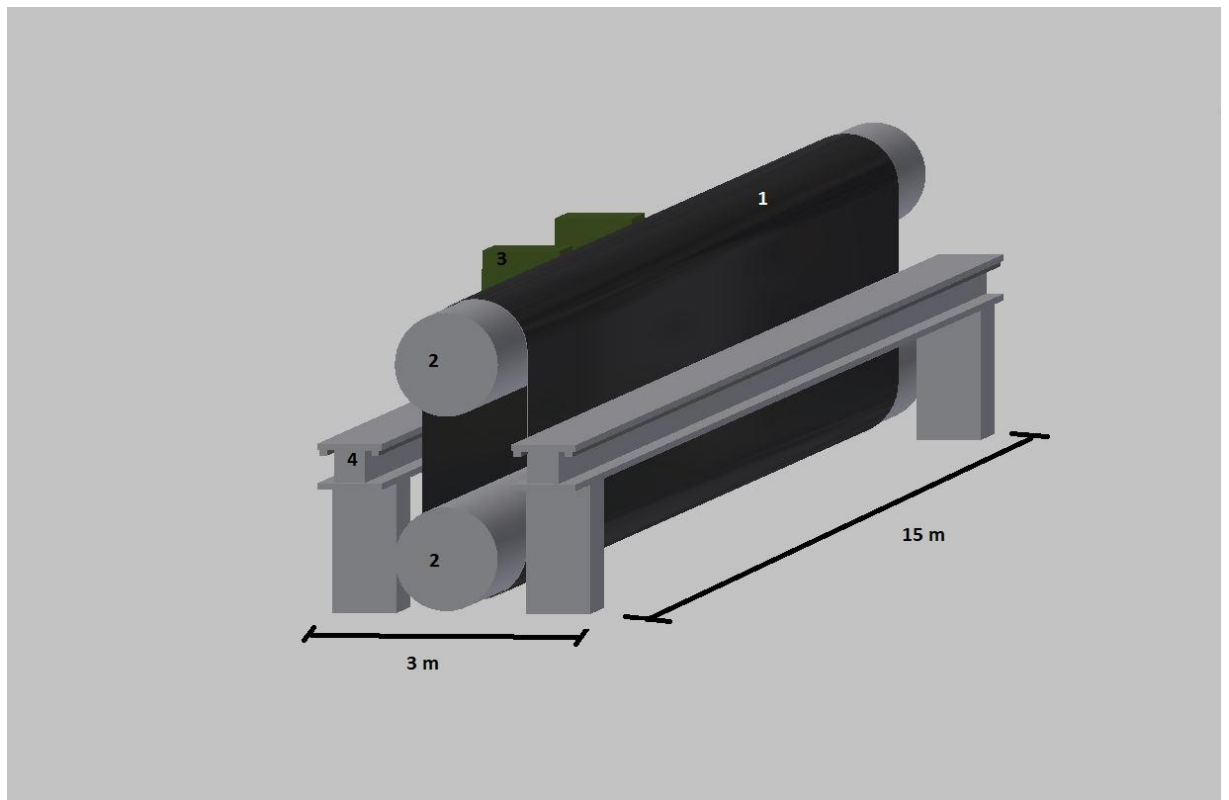
Tuotantovaiheessa valmis beltin voitaisiin mitata skannerilla koko beltin leveydeltä, jolloin kaikki urat tulisivat mitattua, ja mittaustulos vastaisi paremmin todellisuutta. Tämän jälkeen mittaustulokset siirrettäisiin tietokantaan, jossa ne olisivat tallessa. Tulokset voidaan ajaa laskentaohjelman läpi, joka tekee valmiin raportin valmiista beltistä. Myös skannerissa itsessään on laskentaohjelma tuloksille, mutta sen antamat tulokset ovat tarkoitettu kenttäolosuhteisiin ja ovat vain suuntaa antavia.

Skannerin käyttöön ja tekniikkaan perehtymisen jälkeen, sillä tehtiin melko paljon mittauksia tasaisella pinnalla oleviin beltinpalasiin. Jotta mittaus onnistuisi ja olisi tarkka, mittaajan tulisi kuljettaa skanneria beltin pintaa pitkin mahdollisimman tasaisella nopeudella, ja uriin nähden kohtisuorassa. Skannerin toimintaperiaatteesta lisää luvussa 6 "Skannerin komponentit ja toimintaperiaate".

5 MITTAUSTAPOJEN TUTKIMINEN JA VALINTA

Tavoitteena oli saada tuotantoon mittautapa, jolla saataisiin samanlaista dataa kuin asiakkaiden luona skannerilla tehtävistä mittauksista. Tätä varten oli jo hankittu yksi ylimääräinen skanneri joka oli varattu beltin tuotantovaiheeseen urituskoneelle.

Kuvassa 13 on pelkistetty malli urituskoneen kokoonpanosta, jonka luona mittaus tulisi suorittaa. Kuvassa keskellä oleva musta kappale (1) on itse beltin, urat kulkevat beltin kehän suunnassa lähes koko beltin matkalta. Telat (2) pyörittävät belttiä. Beltin kummallakin puolella ovat johteet (4); vasemmalla puolella kulkee itse urituskone (3 vihreä) ja oikealla puolella päätyläppien tekotyökalu (ei kuvassa). Urituskone liikkuu johdetta pitkin vasemmalta oikealle ja siinä on pyörivä terä, joka jyrsee urat beltiin.



KUVA 12 Pelkistetty kuva urituskoneen kokoonpanosta (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

5.1 Mittaustavan valintaperusteet

Mittaustavan valintaperusteena on painotettu pisteytysmenetelmä, jossa mittaukselle valitaan kriteerit ja annetaan niille omat painoarvot. Näin eri vaihtoehdot saadaan pisteytettyä. Suurimman pistemäärän saanut vaihtoehto valitaan. Kunkin vaihtoehdon pisteet lasketaan kertomalla kriteerin painoarvo (%) vaihtoehdon saamalla pistemäärällä (0-10 pistettä), jonka jälkeen kunkin vaihtoehdon saamat kriteeripisteet lasketaan yhteen.

Seuraavaksi käydään läpi taulukossa 1 käytettyjä termejä ja vaihtoehtoja.

5.1.1 Mittauksen kriteerit

Vastaavuus: Vastaavuudella tarkoitetaan sitä, miten hyvin tulokset vastaavat asiakkaan luona, käytetystä beltistä tehtäviä mittaustuloksia. Painoarvoksi valittiin korkein (35 %), koska on tärkeää saada verrattavia tuloksia arvioitaessa käytetyn beltin kuluneisuutta ja kesto.

Toistettavuus: Toistettavuudella tarkoitetaan mittaustulosten vastaavuutta jos mittaus toistetaan samalle beltille uudelleen. Painoarvoksi valittiin toiseksi korkein (30 %), koska toistettavuus kertoo eniten mittaustavan luotettavuudesta.

Vaivattomuus: Vaivattomuus kuvastaa sitä, miten helppoa ja ergonomista työntekijän on suorittaa mittaus. Painoarvoksi valittiin keskiverto (20 %). Tässä ajateltiin työntekijän hyviä työasentoja sekä mittalaitteen käyttöönoton helppoutta.

Tarkkuus: Tarkkuudella tarkoitetaan mittalaitteen tuottamien tuloksien oikeellisuutta. Painoarvoksi valittiin toiseksi alhaisin (10 %). Painoarvo on siksi näin alhainen, sillä jos toistettavuus on hyvä ja saadaan systemaattiset, mittaajasta ja mittaustavasta johtuvat virheet poistettua, niin mittalaitteen tuloksia voidaan myöhemmin korjata mittaustapaa laskevassa ohjelmassa muuttamatta mittaustapaa.

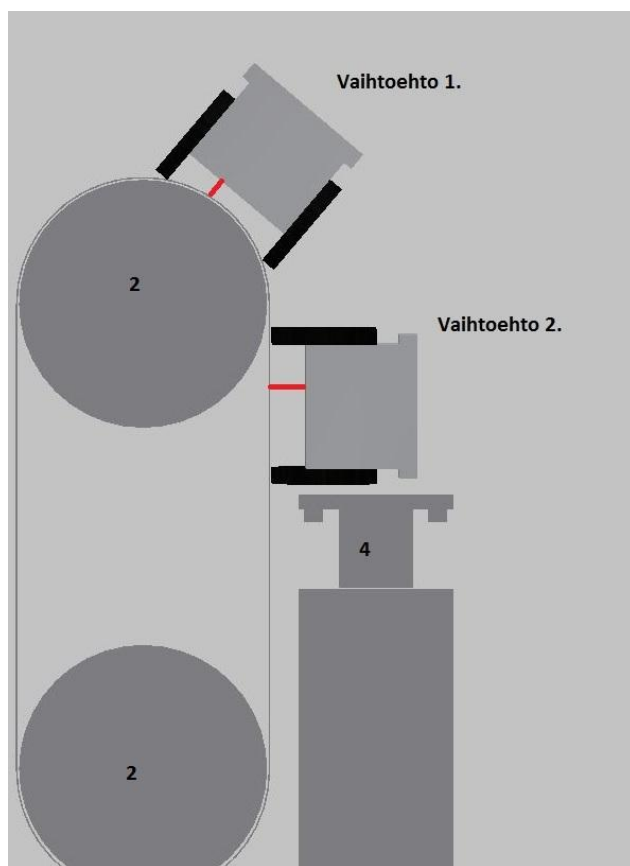
Nopeus: Nopeudella tarkoitetaan sitä, miten kauan tähän työvaiheeseen menee aikaa vain urituskoneella, eli tässä ei huomioida sitä, jos mittaustapaa pitää tutkia myös muilla

työpisteillä. Painoarvoksi valittiin alhaisin (5 %), koska jo tässä vaiheessa tiedettiin, että mikä tahansa vaihtoehtoista tulee olemaan nopeampi kuin silikonivalosten teko.

5.1.2 Mittaustavan vaihtoehdot

Kuvassa 14 ovat vaihtoehdot valmiilla skannerilla mittaamiseen. Kuva on urituskoneen päästä. **Vaihtoehto 1** oli kuljettaa skanneria telan päällä. Se osoittautui työntekijän kannalta melko raskaaksi ja hankalaksi työasennoksi. Lisäksi skannerin laseranturi tuli liian lähelle beltin pintaa, jolloin laser ei pysynyt mittausalueella.

Vaihtoehto 2 oli kuljettaa skanneria oikeanpuoleisen johteen päällä beltin pintaa vasten. Tämä osoittautui huonoksi vaihtoehdoksi, koska sillä korkeudella beltin takana ei ole kovaa pintaa ja beltin pääsee joustamaan skannerin alla; epätarkka tulos.



KUVA 13 Vaihtoehdot, kuva urituskoneen päästä (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Vaihtoehtoisissa on mahdollisuus mittaajan virheeseen, koska mittaajan pitää itse pitää mittaussnopeus tasaisena ja kuljettaa skanneria suorassa koko beltin leveyden matkan.

Koemittauksia tehtäessä huomattiin, että skanneri oli todella hidas käynnistymään ja sammumaan. Skanneri purettiin ja huomattiin, että kovalevynä käytetyssä cf-kortissa oli liian alhainen tiedonsiirtonopeusluokka, mikä oli todennäköisin syy skannerin hitaalle käynnistymiselle. Lisäksi skanneri oli akkukäyttöinen, joten sen jatkuva lataaminen ja mahdollisuus akun loppumiseen kesken mittaamisen ei ollut hyväksyttävää. Myös mitaustulokset pitäisi aina jälkeinpäin siirtää skannerista usb-muistitikulla verkossa olevaan tietokoneeseen.

Skannerin mittausperiaate kuitenkin on hyvä. On tärkeää saada tuotantovaiheessa vastaavia tuloksia kuin asiakkailla tehtävissä mittauksista. Tästä päädyttiin miettimään vaihtoehtoa sille, että rakennetaan uusi mittausjärjestelmä urituskoneeseen.

Vaihtoehto 3 on asentaa skannerissa olevat anturit suoraan urituskoneeseen. Urituskone kulkee tietokoneohjatusti tasaisella nopeudella ja siitä saadaan jatkuva käyttöjännite mittalaitteelle, eikä työntekijä joudu kannattelemaan raskasta skanneria.

Vaihtoehto 4 on vertailun vuoksi vanha käytössä oleva silikoninappien tekeminen ja niiden poikkileikkauksen kuvaaminen ja tutkiminen.

5.2 Vaihtoehdon valinta

Taulukko 1 esitetään toteutuvan vaihtoehdon valinta käyttämällä vaihtoehtojen painotetun pisteytyksen laskenta:

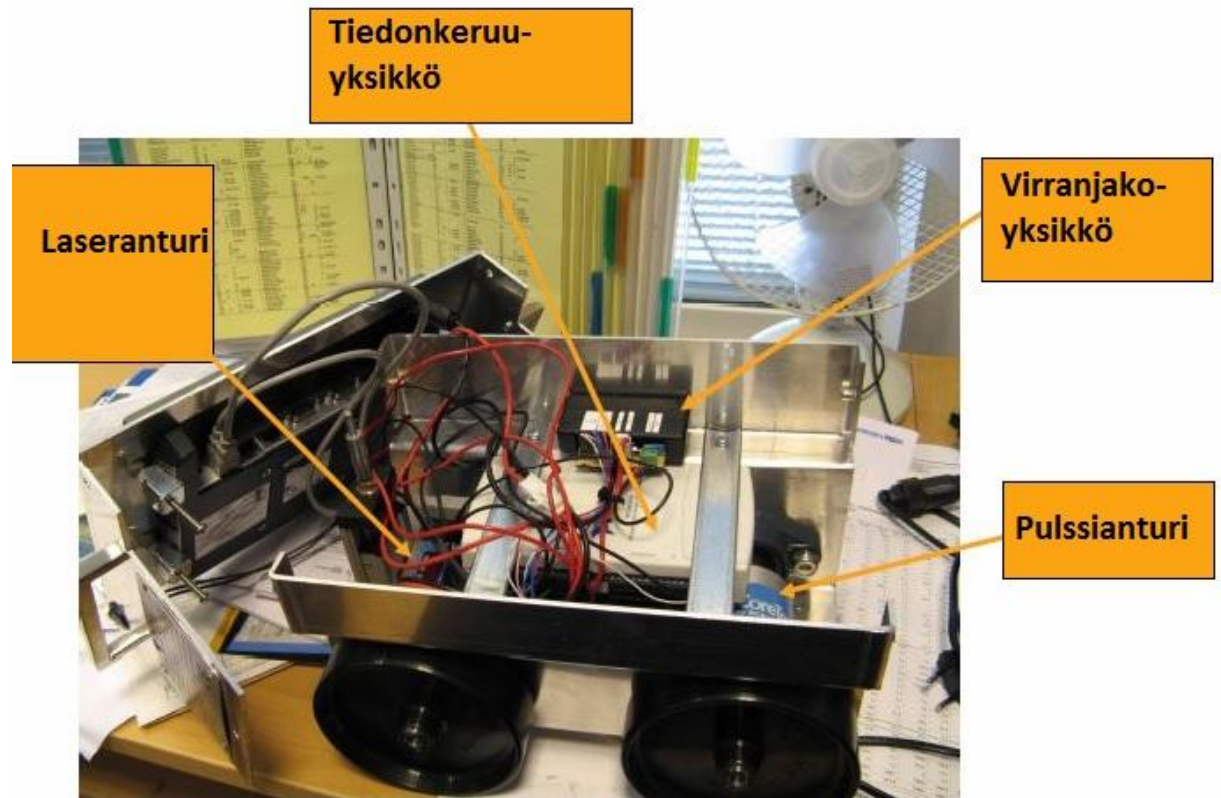
TAULUKKO 1. Painotettu pisteytys

		Vaihtoehtojen pisteet (0-10 p.)			
Mittauksen kriteeri	Painoarvo	Vaihtoehto 1.	Vaihtoehto 2.	Vaihtoehto 3.	Vaihtoehto 4.
Vastaavuus	35 %	10	10	10	5
Toistettavuus	30 %	7	7	10	5
Vaivattomuus	20 %	5	3	8	8
Tarkkuus	10 %	5	3	9	3
Nopeus	5 %	8	8	7	8
Painotettu pistemäärä	100 %	7,5	6,9	9,35	5,55

Vaihtoehto 3 sai eniten pisteitä, joten se toteutetaan.

6 SKANNERIN KOMPONENTIT JA TOIMINTAPERIAATE

Kuvassa 15 ovat skannerin pääkomponentit. Skannerin runko on tehty kevyeksi käyttämällä alumiinia, mutta komponentit, varsinkin akku ja paneeli-pc tuovat skannerille melkoisesti massaa.



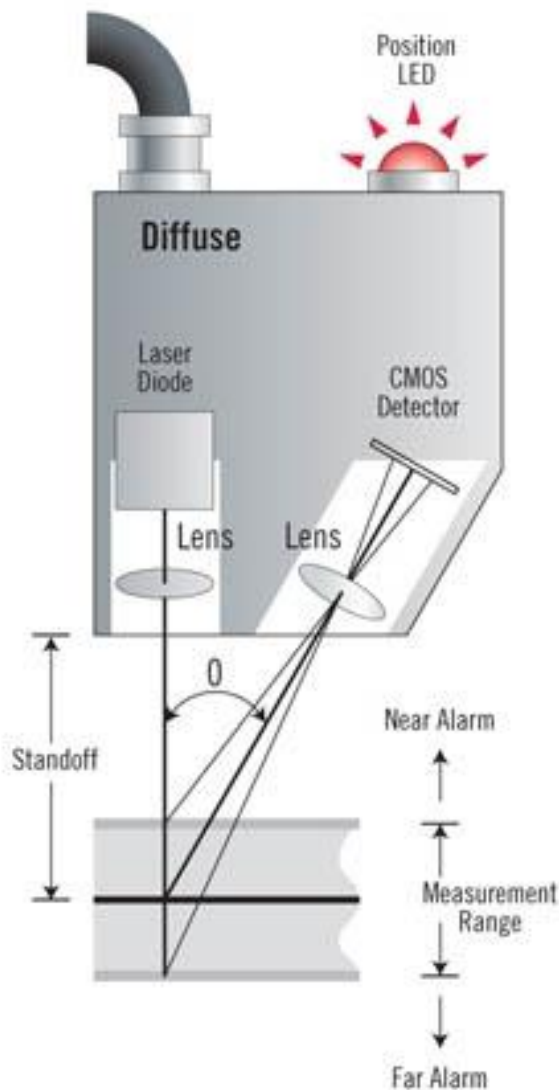
KUVA 14. Skanneri pääkomponentit (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Lisäksi kotelon pohjalla ovat akku, laitteen kannessa paneeli-pc ja käyttökytkimet (virtanäppäin ja mittauksen aloitus/lopetusnäppäin).

Laseranturi näyttää alaspäin pohjassa olevasta reiästä. Laseranturin korkeutta voidaan helposti säätää, jotta anturi saadaan oikealle etäisyydelle mittaustapahtuman mukaan.

6.1 Laseranturi

Anturi käytännössä mittaa jatkuvasti etäisyyttä kappaleeseen käyttäen kolmiomittausta (kuva 16). Anturissa oleva laserdiodi lähettää säteen linssin läpi kappaleeseen, josta se heijastuu toisen linssin läpi CMOS-kennon pintaan. Anturi laskee heijastuskulman sen perusteella, mihin kohtaan säde osuu kennon pinnassa. Tästä anturi voi laskea kappaleen etäisyyden itse anturiin.



KUVA 15 Kolmiomittaus (<http://www.mtiinstruments.com>)

Anturilla on valmistajan määrittämät maksimi- ja minimietäisyydet kappaleesta sekä kuinka suurta etäisyyseroa se pystyy mittaamaan. Lisäksi anturissa on led-valo, joka kertoo, onko anturi sopivalla mittausetäisyydellä. Tämä helpottaa huomattavasti anturin asentamista.

6.2 Pulssianturi

Kuvassa 17 on pulssianturi, josta voi viedä pyörivä akseli läpi. Pulssianturi on kiinnitetty skannerin yhden renkaan akseliin, akseli siis pyörii renkaan pyöriessä. Anturi lähettää pulsseja akselin pyörimisen mukaan ja laseranturi mittaa etäisyyden belttiin jokaisen pulssianturin lähettämän pulssin kohdalla.



KUVA 16 Pulssianturi (<http://www.sick.com>)

6.3 Tiedonkeruuyksikkö

Tiedonkeruuyksiköstä käytetään myös nimitystä DAQ (Data Acquisition). Sen tehtävä tässä tapauksessa on vastaanottaa antureiden lähettämä jännitetieto sekä kerätä sitä talteen. Tiedonkeruuyksikössä on myös I/O-portteja, joilla voidaan ohjata esimerkiksi sähköventtiileitä ja virransyöttöä releiden avulla. Tiedonkeruuyksikkö liitetään tietokoneeseen usb-kaapelilla, jota kautta voidaan ohjelmoida antureita sekä kerätä tallennetut mittaukset. Kuvassa 18 on työssä käytetty National Instrumentin tiedonkeruuyksikkö.



KUVA 17 Tiedonkeruuyksikkö (finland.ni.com)

Kaikki anturit siis kytketään tiedonkeruuyksikköön. Mittaus tapahtuu siten, että skannerin mittauksen aloittamisen jälkeen skanneria kuljetetaan eteenpäin. Pulssianturi antaa tietyn välimatkan välein pulssin tiedonkeruuyksikölle, jolloin tiedonkeruuyksikkö ottaa talteen sillä hetkellä laseranturilta tulevan etäisyystiedon. Skanneri ottaa mittapisteen aina 0,35 mm välein.

6.4 Paneeli-PC

Skannerin kannessa on kosketusnäyttöinen paneeli-pc, joka on usb-kaapelilla kytketty tiedonkeruuyksikköön. Pc:lle on asennettu tätä skanneria varten tehty ohjelma, johon mittaaja syöttää mitattavan beltin tiedot. Ohjelma näyttää mittauksen aikana oikean käytettävän nopeuden ja esikatselun beltin urien mitoista. Ohjelmalla tehdään tekstitiedosto joka voidaan siirtää usb-tikulle tarkemman laskennan suorittamista varten. Kuvassa 19 on esimerkki paneeli-pc:stä.



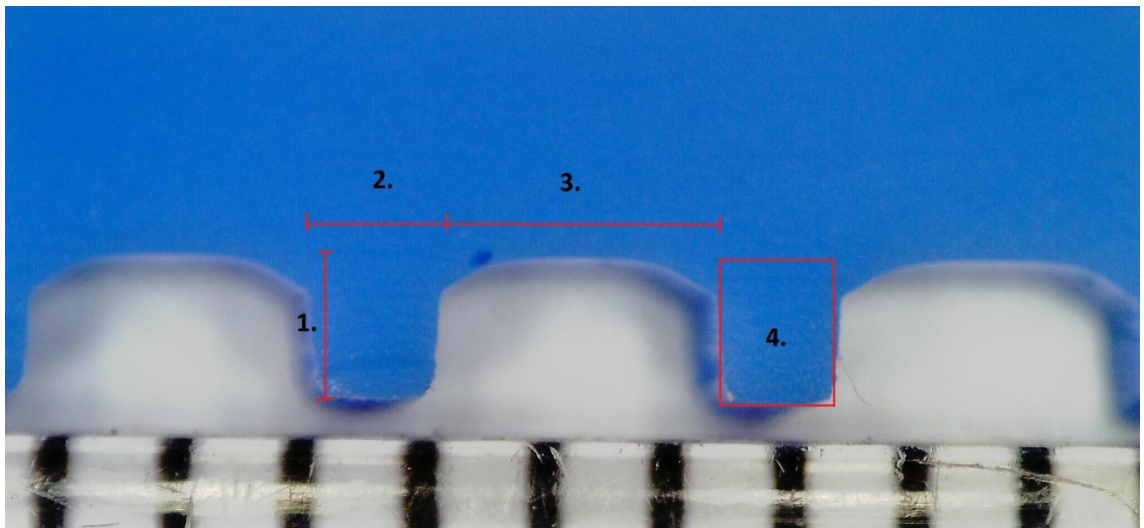
KUVA 18. Paneeli-pc (www.ieismartcity.com)

Nämä komponentit tulisi sijoittaa urituskoneeseen käyttäen samaa toimintaperiaatetta.

7 MITTALAITTEEN SUUNNITTELU

Aluksi selvitettiin mitä mitataan ja miten. Beltia uritettaessa, ennen varsinaista uritusta tehdään koeuritus. Koeuritus on lyhyt, noin 10-30 cm leveä uritettava alue, jolloin todetaan, että urista tulee oikein kokoiset. Vasta tämän jälkeen tehdään varsinainen uritus. Mittalaitteella on tarkoitus pystyä mittaamaan koeuritus ja valmis uritus.

Mittalaitteen on mitattava urista niiden syvyys (1), leveys (2) ja kannaksen leveys (3), sekä laskettava vesitilavuus (4). Kuvassa 20 on tarkennettu mitä näillä suureilla tarkoitetaan.



KUVA 19 Mitattavat suureet silikoninapin poikkileikkauksesta (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Mittalaitteen suunnittelu aloitettiin miettimällä, mitä mittalaitteelta vaaditaan ja kuinka sen käyttö olisi mahdollisimman nopeaa ja helppoa. Mittalaite ei myöskään saa vaikuttaa urituskoneen toimintoihin tai sillä tehtäviin työvaiheisiin. Tältä pohjalta valittiin tarvittavat komponentit ja määritettiin niiden paikat. Seuraavaksi mietittiin komponenttien kiinnitystavat ja mahdolliset muut toiminnot.

7.1 Vaatimukset mittalaitteelle

Vaatimuksien määrittäminen aloitettiin miettimällä, kauanko leveimmän beltin (14 metriä) mittaus saa kestää. Suurimmaksi sallituksi mittausajaksi sovittiin 15 minuuttia, joka sisältää asetusajan, mittauksen ja tulosten tallentamisen. Aiemmin skannerilla tehtyjen testien perusteella tiedettiin, että tämä aika tullaan alittamaan helposti. Mittausnopeu-

teen kuitenkin vaikuttaa paneeli-pc:n ja tiedonkeruuyksikön tehokkuus, mikä piti ottaa huomioon näitä komponentteja tilatessa.

Seuraavaksi mietittiin komponenttien sijoitusta, sillä mikään komponentti ei saanut tulla urituskoneen toiminnan tai käytön tielle. Tässä piti erityisesti ottaa huomioon urituskoneen terien vaihto sekä itse beltin vaihto. Lisäksi kaikki mittalaitteen käyttöä koskevat komponentit piti saada helposti käytettäviksi.

Sen jälkeen mittalaitteelle piti suunnitella sen käyttöliittymä. Selvää oli, että laitteelle tulee oma kosketusnäytöllinen paneeli-pc. Tähän tehtävä ohjelma tarvitsi kuitenkin tehdä lähes alusta, joten siihen valittiin ulkopuolinen ohjelmoija, Ari Lindroos, jonka kanssa käyttöliittymä suunniteltiin.

Lisäksi urituskoneeseen ja sen ympäristöön tutustuttaessa huomattiin, että ympäristössä oli melko paljon tärinää ja resonointia, valukoneiden suurien muottien pyörintäliikkeen vuoksi. Urituskoneessa liike belttiin nähden piti myös ottaa huomioon. Lisäksi belttiä pyörittävä noin 15 metrinen tela ei voi olla täysin suora koko matkalta. Nämä seikat tuli ottaa huomioon beltin pintaa mittaavan laseranturin kiinnityksessä, jotta mittausetäisyys pysyisi aina samana.

7.2 Komponenttien valinta

Paneeli-pc jouduttiin tilaamaan erikseen, joten sen kokoonpanon mietintä aloitettiin ensimmäisenä. Valmistajaksi valittiin Beckhoff, koska sen jälleenmyyjä löytyy Tampereen Hervannasta. Heidän valikoimastaan löytyi sopiva 12-tuuman kosketusnäytöllä oleva teollisuuskäyttöön tarkoitettu paneeli-pc, mallinimellä CP6201-0001-0030. Muutamia muutoksia kokoonpanoon kuitenkin tehtiin:

- Kovalevy oli värisevän käyttöympäristön vuoksi vaihdettava normaalista HDD-levystä (pyörivä levy) paremmin värinää sietävään SSD-levyyn (ei liikkuvia osia).
- Käyttöjärjestelmäksi valittiin Microsoft Windows Embedded Standard 32-bit, joka on tarkoitettu teollisuuskäyttöön. Tämä versio on niin kevyt ja

pelkistetty, että se ei ole altis tietokoneviruksille. Näin ollen laskentatehoa vievää virustentorjuntaohjelmaa ei tarvita.

- Keskusmuistiksi vaihdettiin hieman suurempi 4 GB kortti. Todellisuudessa 32-bittinen käyttöjärjestelmä ei osaa hyödyntää tästä kuin 3 GB, mutta koska pienempi versio olisi ollut vain 2 GB, niin päädyttiin ottamaan 4 GB kortti. Todellisuudessa jo nyt ollaan menossa kohti 64-bittisiä käyttöjärjestelmiä, jolloin saadaan koko 4 GB käyttöön.

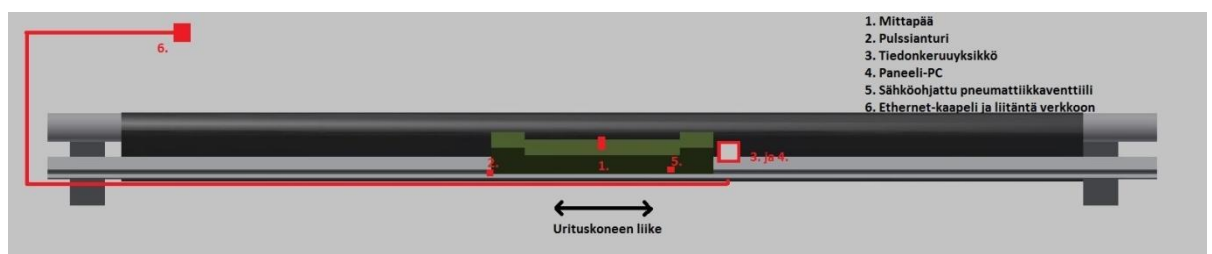
Laseranturiksi valittiin Microtrak 3 LTS-50-10 sensori. Tämä on päivitetty malli siitä mikä skannerissa oli käytössä aiemmin. Tärkeimmät anturin tiedot ovat mittausetäisyys 50 mm, mittausalue 10 mm, sekä laserin ja CMOS-kennon välinen kulma 30 astetta.

Pulssianturina päädyttiin käyttämään Sick Coretech PRO100-25LP -mallia. Vastaava mitä skannerista löytyy. Tärkeintä oli, että anturi on sellaista tyyppiä, että siitä sai akselin vietyä läpi.

Tiedonkeruuyksikkönä käytettiin täysin vastaavaa kuin skannerissa. Malli National Instruments USB-6210.

7.2.1 Komponenttien paikat ja kiinnitys

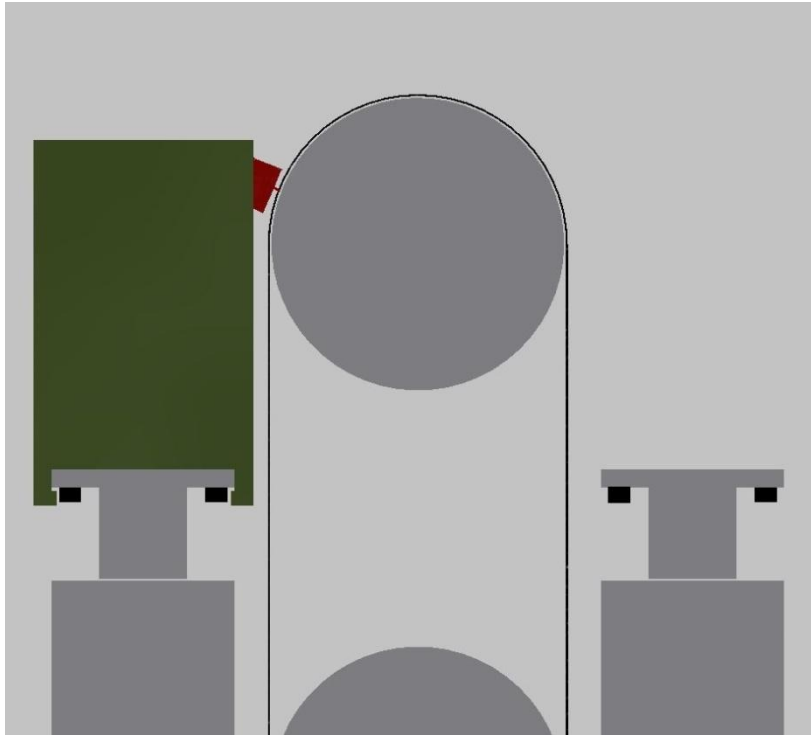
Alla on yläviistosta kuvattu periaatekuva urituskoneesta (kuva 21) ja siitä, miten anturit ja käyttöpaneeli suunniteltiin sijoitettaviksi.



KUVA 20 Komponenttien sijoittelu (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Laseranturi sijoitettiin keskelle urituskonetta, koska siinä oli kohtalaisen hyvin tilaa ja se piste kulkee beltin lähes päästä päähän. Kyseinen kohta on myös riittävän korkealla, jotta laser saadaan kulkemaan belttiä pyörittävän ylemmän telan korkeudella, jossa belt-

ti on kireänä ja tasaisena telan pintaa vasten. Koska beltin vaihto tapahtuu siten, että alempi tela vedetään sivuun ja beltin nostetaan pois ylemmän telan mukana, niin laseranturi on tiellä. Kuvassa 22 (laseranturi punaisella) ongelma on esitetty urituskoneen päästä katsottuna: laser-anturin pitää olla vähintään 50 mm päässä beltin pinnasta ja osoittaa kohtisuoraan ylemmän telan poikkileikkauksen keskipistettä.



KUVA 21 Anturin sijainnin ongelma (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Laseranturin kiinnityksestä piti tehdä liikkuva, jotta se voidaan tarvittaessa vetää kauemmaksi beltistä. Urituskoneessa on saatavilla paineilmaa, joten laser-anturin liikuttamiseen voitiin soveltaa pneumaattista sylinteriä.

Pulssianturi sijoitettiin urituskoneen vasempaan alakulmaan. Johteen, jolla urituskone kulkee, alla kulkevat hammaskiskot, joista pulssianturille saadaan helposti pyörintäliike hammasrattaan välityksellä. Pulssianturille valmistettiin myös kiinnike.

Tiedonkeruuyksikkö ja paneeli-pc sijoitettiin urituskoneen oikeaan päähän, urituskoneen käyttöpaneelin viereen. Paneeli-pc:lle tehtiin oma kotelo yksinkertaisesta sähkökaapista. Sähkökaapista löytyi myös hyvin tilaa tiedonkeruuyksikölle sekä muille tarvittaville kytkennöille.

Sähköohjattu pneumatiikkaventtiili (magneettiventtiili) sijoitettiin melko alas, ja pois tieltä urituskoneen muilta toiminnoilta. Venttiili ohjaa laseranturia liikuttavaa pneumatiikkasynteriä eteen ja taakse. Venttiiliin lisättiin sähkökela, jotta venttiiliä voidaan ohjata tiedonkeruuyksikön avulla suoraan mittalaitteen käyttöliittymästä. Venttiilissä on myös painemittari ja paineen säätö. Paineensäädöllä voidaan määrittää voima, jolla pneumatiikkasynteri painaa mittapään rullaa belttiä vasten.

Ethernet -kaapeli vedettiin urituskoneen alla kulkevaa johdekiskoa pitkin lähimpään verkkoliitäntään.

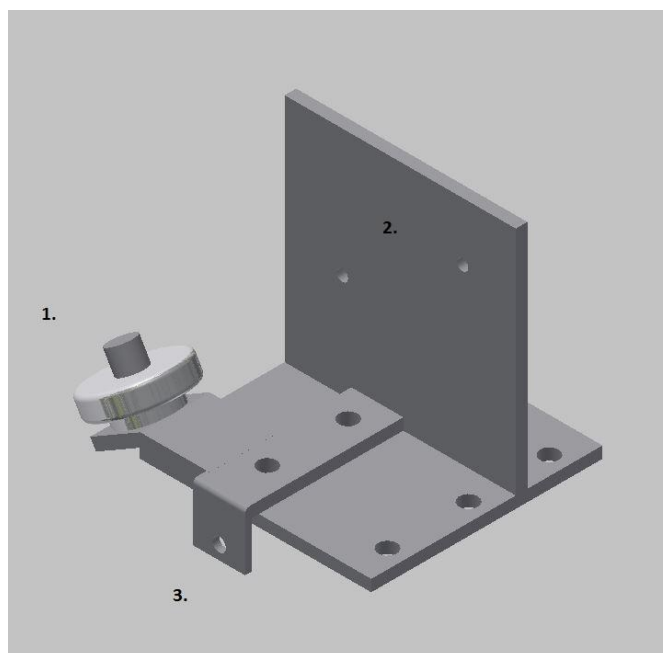
8 KIINNITYSTEN SUUNNITTELU JA VALMISTUS

Laseranturia varten suunniteltiin oma mittapää, joka liikkuu kokonaisuudessaan lineaariliukukiskoa pitkin. Kuvassa 23 on esimerkki käytetystä lineaariliukukiskosta, sekä kiskolla kulkevasta kelkasta.



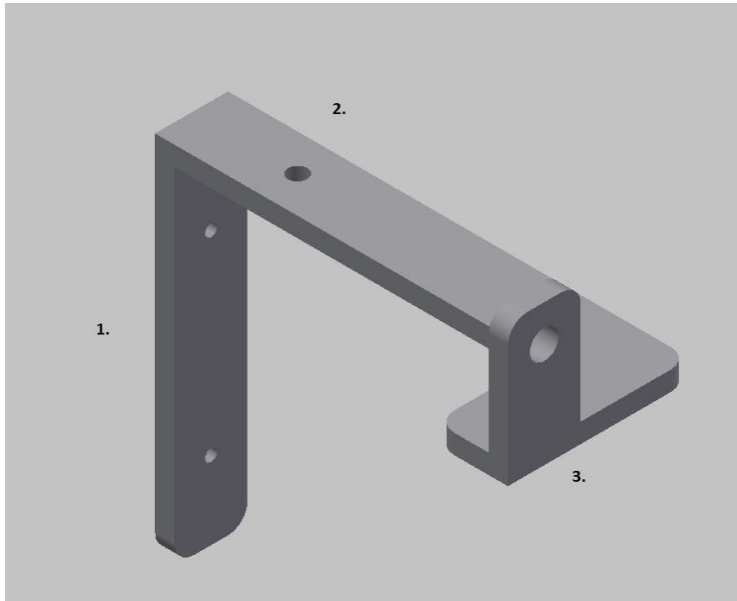
KUVA 22 Lineaari liukukisko ja kelkka (www.hiwin.com)

Kuvassa 24 on 3d-malli kelkan päälle laitettavasta mittapäästä. Kuvasta puuttuu itse laseranturi, jonka kiinnitysreiät (2) ovat pystylevyssä. Jotta laseranturin etäisyys beltin pintaa pysyisi täysin vakiona koko mitattavan matkan, lisättiin mittapäähän yksinkertainen tukipyörä (1) kuulalaakerista. Pneumatiikkasyylinterin pää kiinnitettiin reikään 3.



KUVA 23 Mittapää (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Kuvassa 25 on lineaarikiskon alle tuleva tukirauta, joka kiinnitettiin kahdella pultilla (1) urituskoneeseen sekä kahdella pultilla (2) lineaarikiskoon. Pneumatiikkasyylinterin toinen pää kiinnittyy myös tähän rautaan (3).



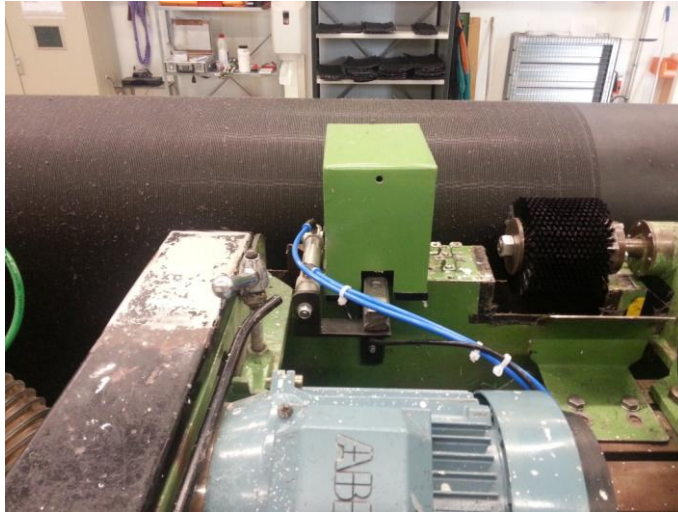
KUVA 24 Tukirauta lineaarikiskolle (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Kuvassa 26 on valmiiksi koottu mittapää. Laseranturin kohtisuoruuden tarkastus oli vaikeaa, mutta tulos nähdään myöhemmin testeissä paremmin. Mittapään kiinnityskohta urituskoneessa oli noin 2 mm vahvaa peltiä. Tukevan kiinnityksen takaamiseksi lineaarijohteen alle laitettiin vielä erillinen 5 mm paksuinen lattarauta. Näin mittapää saatiin kiinnitettyä yhteensä kuudella pultilla urituskoneeseen. Mittapään kaikissa muttereissa käytettiin Nyloc -lukkommuttereita, jotta liitokset eivät löysty koneen tärinästä.



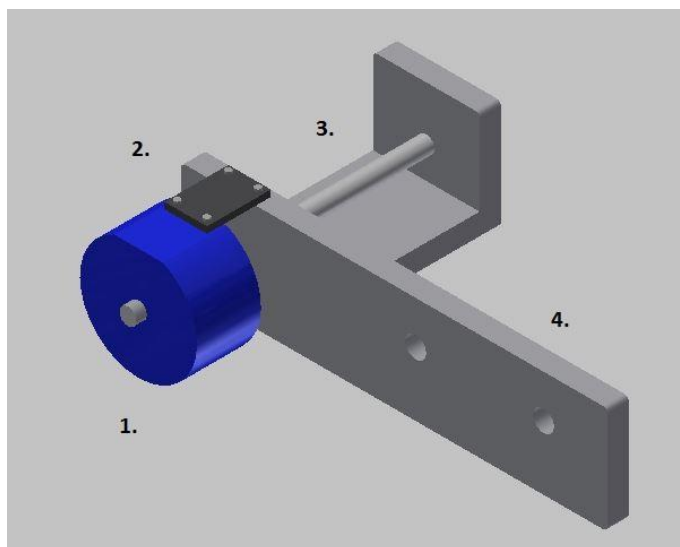
KUVA 25 Mittapään valmis kokoonpano (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Mittapäälle tehtiin suojakotelo (kuva 27). Suojakotelossa olevasta reiästä näkee laseranturissa olevan ledin, joka kertoo laser-anturin valmiustilasta sekä siitä, että anturi sopivalla etäisyydellä beltistä.



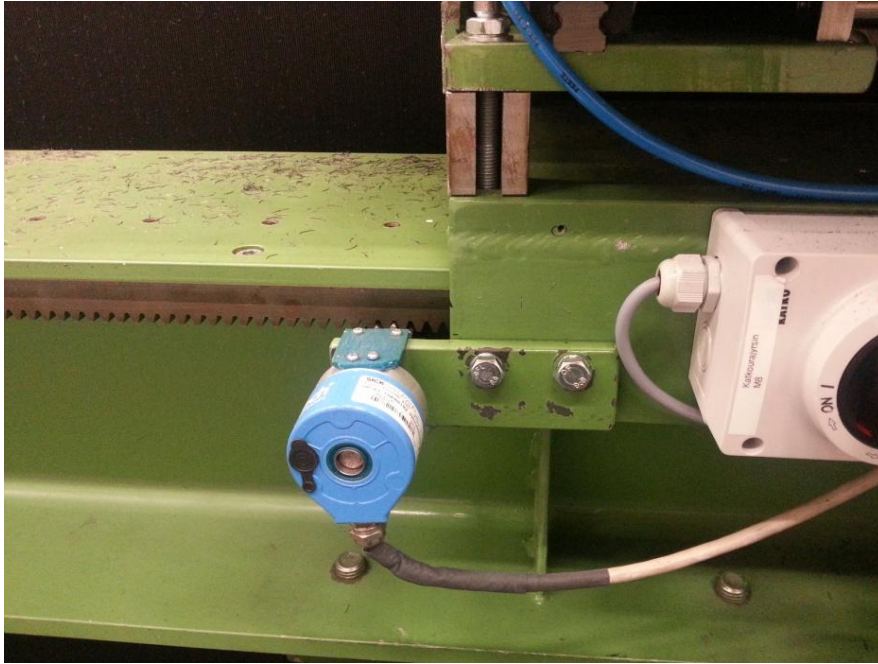
KUVA 26 Mittapään suojakotelo (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Pulssianturille (1) tehtiin kiinnitysrauta urituskoneen alaosaan siten, että pulssianturi saadaan kulkemaan hammastankoa pitkin. Kuvassa 28 on kannakkeen 3d-malli. Pulssianturi kiinnitettiin akselin lisäksi kumipalalla (2) kiinnitysrautaan, jotta jos anturi jostain syystä jumiutuu, ei se jatka pyörimistään ja vedä sähköjohtoja mukanaan. Hammasratas kiinnitettiin akselille (3). Kiinnitysrauta kiinnitettiin urituskoneeseen kahdella pultilla (4).



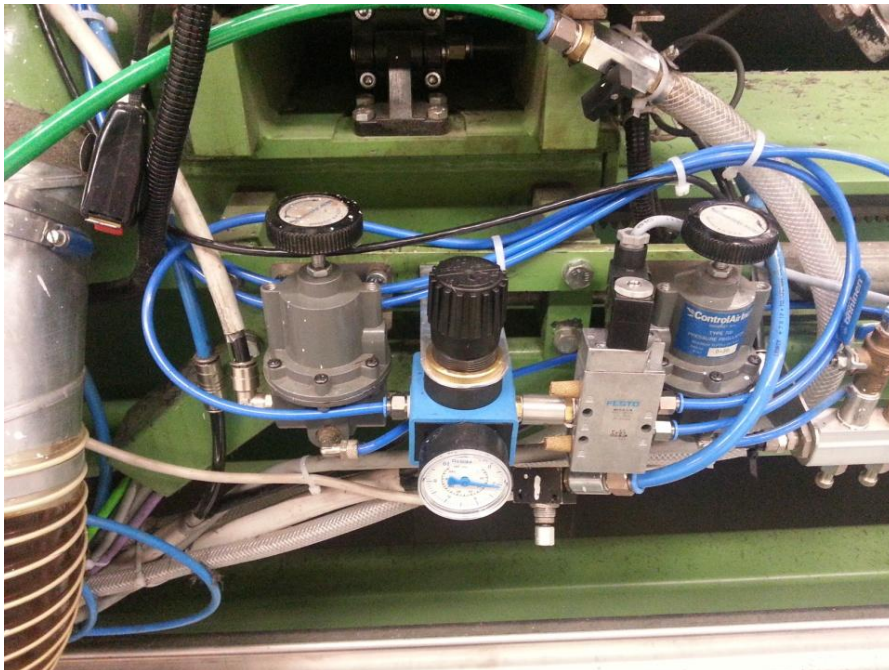
KUVA 27 Pulssianturin kiinnitysrauta (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Kuvassa 29 pulssianturi on kiinni urituskoneessa. Kuvassa näkyy myös johteen alla kulkeva hammaskisko.



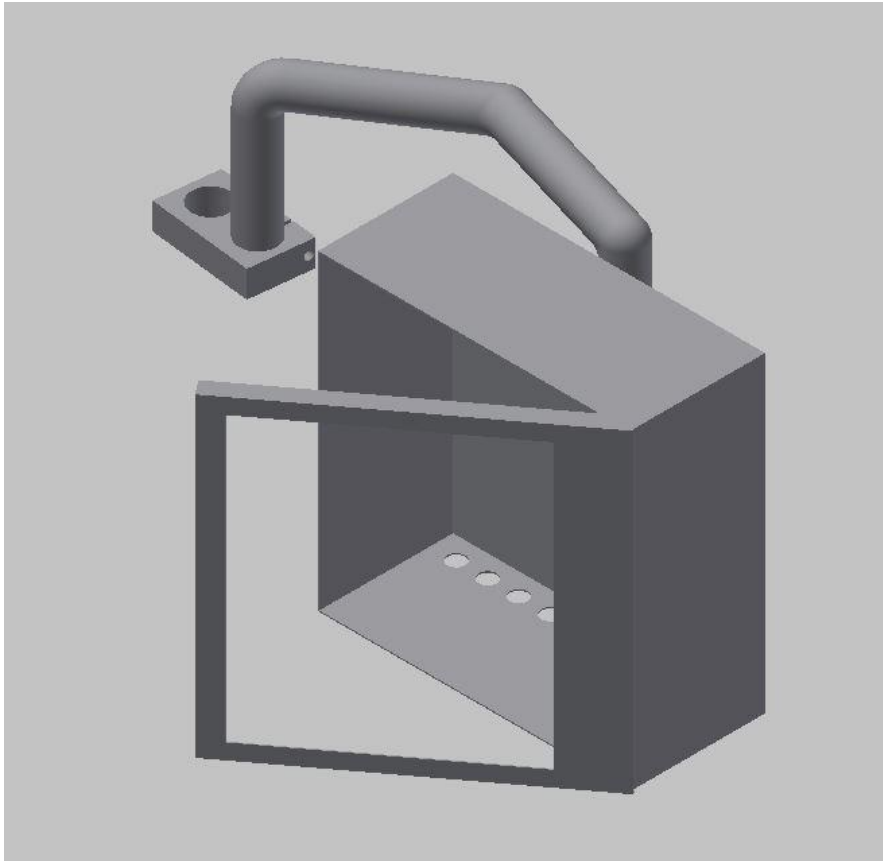
KUVA 28 Pulssianturi kiinni urituskoneessa (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Magneettiventtiilille ja paineensäätimelle tehtiin yksinkertainen teline, ja se kiinnitettiin urituskoneeseen (kuva 30). Sopivaksi käyttöpaineksi testattiin noin 1,2 bar.



KUVA 29 Magneettiventtiili ja paineensäädin (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Paneeli-pc:lle ja tiedonkeruuyksikölle tehtiin vanhasta sähkökaapista yksinkertainen kotelo, sekä kotelolle kiinnitysalku. Kuvassa 31 näkyvät myös kaapeleiden läpiviennit. Kotelon sisään kytkettiin myös rele ohjaamaan magneettiventtiiliä. Lisäksi laseranturin virransyöttö kytkettiin saman releen kautta, jotta lasersäde olisi päällä vain mittauksen aikana.



KUVA 30 Paneeli-pc:n ja tiedonkeruuyksikön kotelo (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

8.1 Käyttöliittymän suunnittelu

Opinnäytetyöntekijä suunnitteli mittalaitteen käyttöliittymän, ei kuitenkaan ohjelmoinut sitä itse. Myös mittaustulosten tarkempaan analysointiin löytyi valmis ohjelma, jota käytetään skannerin vastaavien tuloksien laskentaan.

Käyttöliittymän suunnittelussa lähdettiin siitä liikkeelle, että mittajaan ei tarvitse nähdä paneeli-pc:n näytöllä mitään ylimääräistä tai hänelle turhaa tietoa, vaan kaikki laskenta tapahtuisi taustalla. Lisäksi kaikkien näytöllä olevien painikkeiden tulee olla tarpeeksi suuria, sekä erillään toisistaan.

Käyttöliittymään tehtiin kolme erillistä välilehteä:

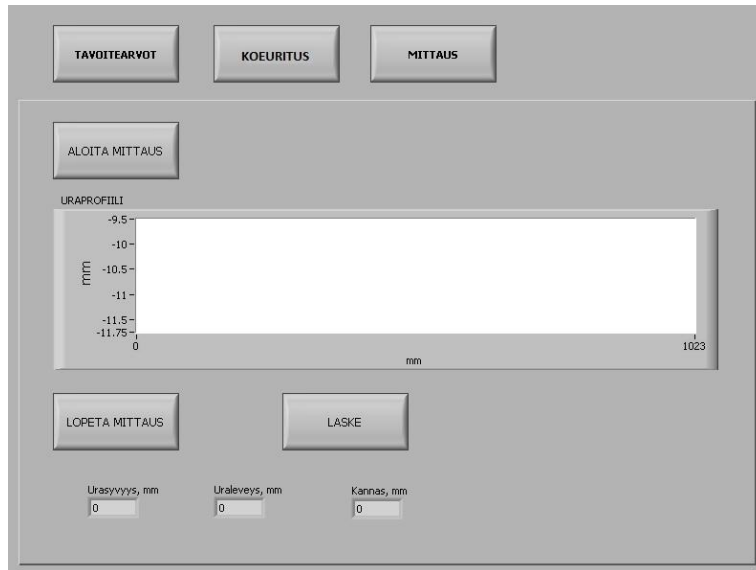
- **Tavoitearvot:** viimeistelypöytäkirjassa vaadittavat arvot.
- **Koeuritus:** koeurituksen mitta.
- **Mittaus:** valmiin beltin mitta, laskenta ja tulosten tallennus tietokantaan.

Kuva 32 on käyttöliittymän "TAVOITEARVOT" -välilehdeltä. Tähän mittaaaja täyttää viimeistelypöytäkirjasta löytyvät beltin numero, urasyvyyden, uraleveyden, kannaksen leveyden ja vesitilan. Urasyvyydelle, uraleveydelle ja kannaksen leveydelle tehtiin yleisimmin käytetyille arvoille pikanapit, jotta tavoitearvojen syöttäminen olisi nopeampaa.

KUVA 31 Käyttöliittymä: TAVOITEARVOT (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

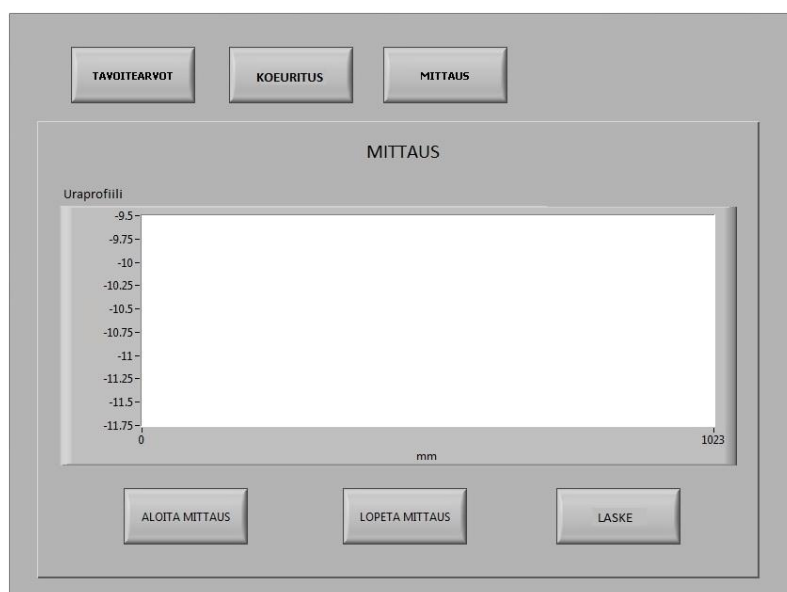
Kuva 33 on "KOEURITUS" -välilehdeltä. Mittaaja aloittaa mittauksen ajamalla uritus-koneen siten, että laseranturi on tehdyn koeurituksen toisessa reunassa. Seuraavaksi mittaja painaa "ALOITA MITTAUS", jolloin laseranturiin kytkeytyy virta ja mittapää liikkuu kiinni beltin pintaan. Sen jälkeen mittaja laittaa urituskoneen liikkeelle koeuritetun alueen yli. Mittauksen aikana koeurituksen uraprofiili piirtyy näytölle "livenä", mistä on se hyöty, että mittaja näkee heti, jos profiili näyttää oudolta ja mittauksessa on jokin ongelma. Mittaus pysäytetään "LOPETA MITTAUS" -painikkeesta ennen kuin laser siirtyy urittamattomalle alueelle. Sitten urituskone voidaan pysäyttää. Seuraavaksi

mittaaja painaa "LASKE" painiketta, jolloin ohjelma laskee keskiarvot mitatun alueen urasyvyydelle, uraleveydelle ja kannaksen leveydelle.



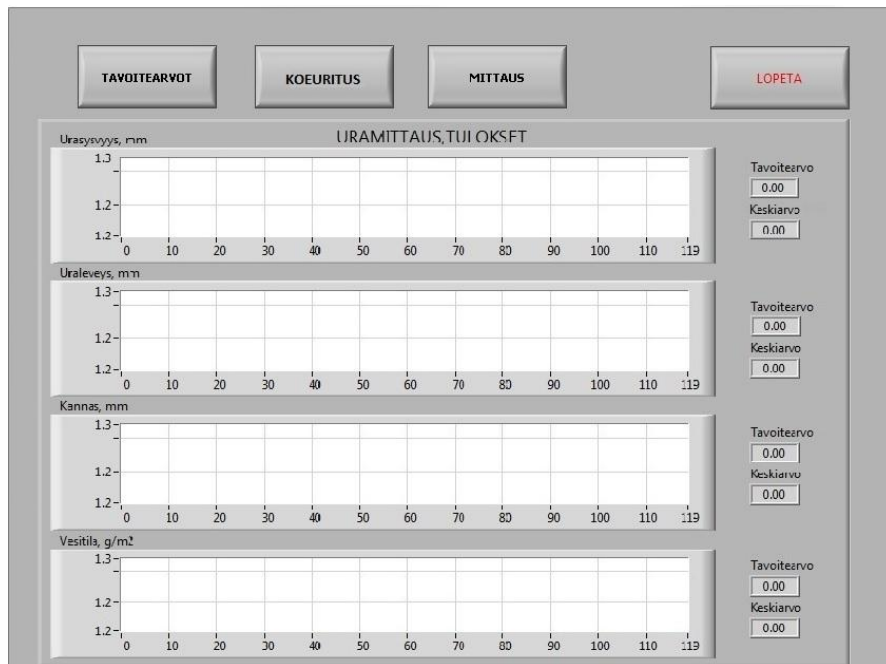
KUVA 32 Käyttöliittymä: KOEURITUS (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Kuva 34 on "MITTAUS" -välilehdeltä. Kun beltti on valmis mitattavaksi, mittaaja ajaa urituskoneen uritetun alueen toiseen reunaan ja aloittaa mittauksen. Mittaus tehdään samalla tavalla kuin koeurituksen mittaus, mittaus vain tehdään koko uritetun alueen matkalta. Mittauksen lopetuksen jälkeen mittaaja painaa "LASKE" -painiketta, jolloin ohjelma laskee mitattujen arvojen keskiarvot, tallentaa ne tietokantaan ja avaa ne uudelle välilehdelle "URAMITTAUS, TULOKSET" (kuva 34).



KUVA 33 Käyttöliittymä: MITTAUS (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

"URAMITTAUS, TULOKET" -välilehdellä (kuva 35) ohjelma piirtää graafin mitatuista arvoista koko mitatulta matkalta. Tästä on helppo nähdä, jos jokin alue beltistä poikkeaa selvästi muista. Lisäksi ohjelma ilmoittaa mitattujen arvojen keskiarvon koko beltin matkalta, samalla näytetään myös tavoitearvot jotka syötettiin "TAVOITEARVOT" -välilehdellä. "LOPETA" -painikkeesta ohjelma siirtyy takaisin "TAVOITEARVOT" -välilehdelle ja on valmiudessa uutta mittausta varten. Viimeksi mitatun beltin tavoitearvot kuitenkin jäävät täytetyiksi, jos mittaus jostain syystä pitää suorittaa heti uudelleen.



KUVA 34 Käyttöliittymä: URAMITTAUS, TULOKSET (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

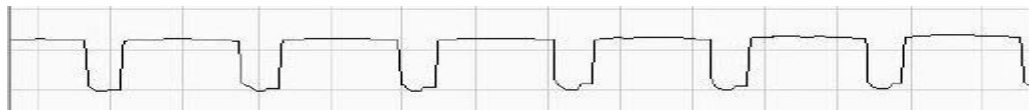
Mittalaitteen käytöstä laadittiin lyhyt ja selkeä käyttöohje (liite 2) käyttökoulutusta varten.

8.2 Laskenta

Mittalaite toimii siten, että aina kun pulssianturi antaa pulssin, ottaa laseranturi etäisyystiedon beltistä. Mittaustaajuutta voidaan ohjelmasta muuttaa, mutta toimivaksi taajuudeksi valittiin 1 mittapiste 0,024 mm välein. Näin tiheillä mittapisteillä taataan uran todellisen muodon piirtyminen. Aiemmin esitetyssä kuvasta 11 nähdään, että silikoninappien poikkileikkauksen tulkinnessa, uran todelliset mitat eivät aina täyty. Sillä mittaukset tehdään suorilla viivoilla. Sekä uran ääriviivojen määrittämien on täysin käsiteltävissä.

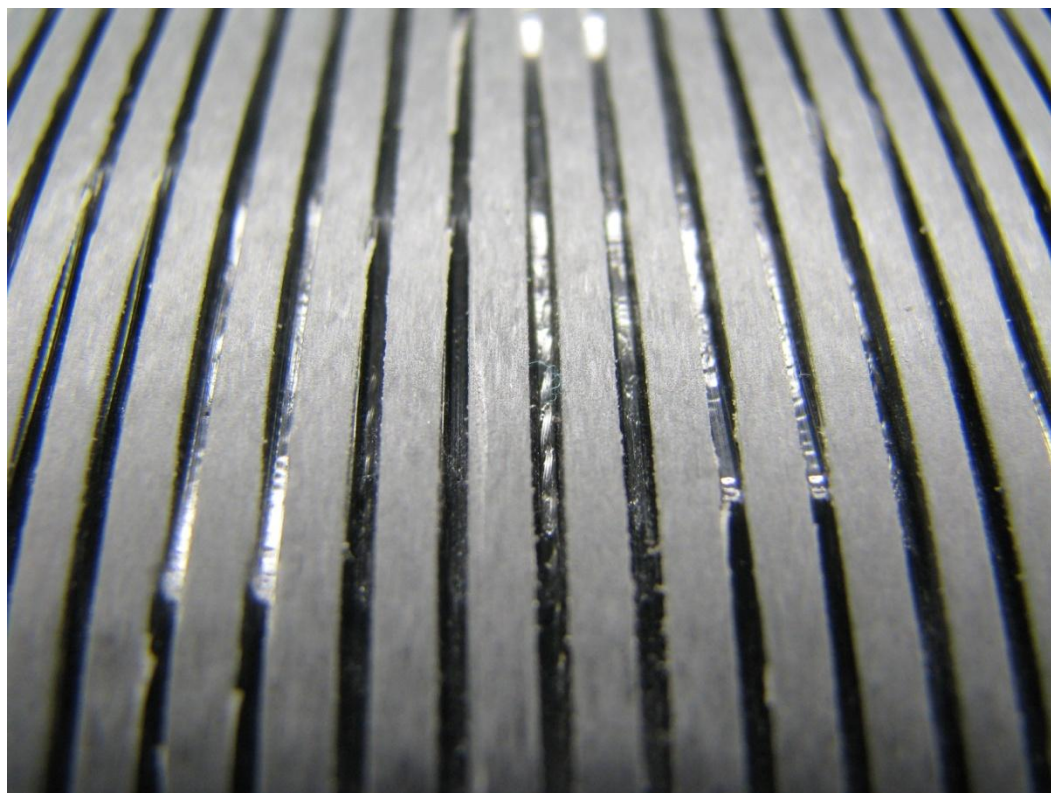
Käyttöliittymän on kuitenkin tarkoitus vain näyttää mittaajalle, että mittausdata (uraprofiili) on oikean näköistä, jolloin mittaus onnistuu. Ohjelma näyttää myös keskiarvot kullekin mitattavalla suurelle. Tärkeintä on, että ohjelma tallentaa mittausdatan tietokantaan, josta data voidaan myöhemmin ajaa laskentaohjelman läpi. Samaa laskentaohjelmaa käytetään myös asiakkailta tehtyjen mittausten analysointiin, joten näin saadaan verrattavissa olevaa dataa beltin kulumasta.

Kuvassa 36 on esimerkki siitä, miltä uranprofiili näyttää mittauksen aikana. Profiilin ja graafin tulkinnasta lisää kappaleessa: 9 Mittalaitteen testaus ja tulokset.



KUVA 35 Uraprofiili (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Uraprofiilia seuratessaan mittaaja näkee helposti jos urista on tullut liian syvät, jolloin beltin vahvikelangat ovat tulleet näkyviin (kuva 37)



KUVA 36 Liian syvät urat, vahvikelanka näkyvissä (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Kuvassa 38 on esimerkki miltä graafit ohjelman tuloksissa näyttävät. Tämä on esimerkiksi urien syvyydestä koko beltin matkalta. Graafi ei selvästi nouse tai laske missään kohtaa, voidaan päätellä, että urat ovat yhtä syviä koko beltin leveydeltä.

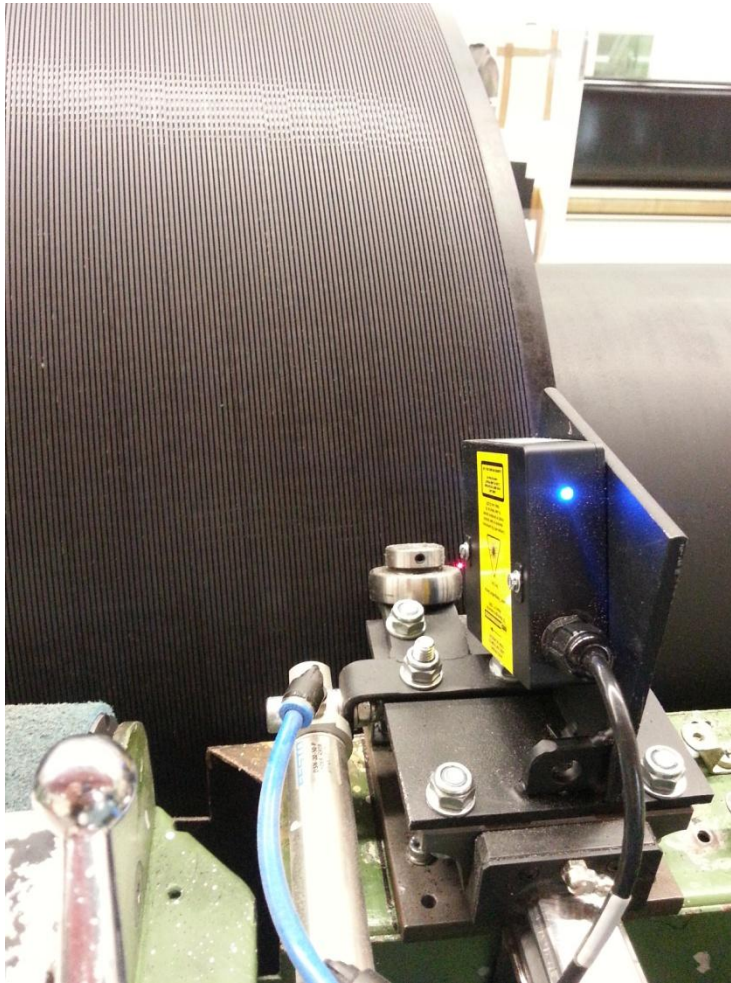


KUVA 37 Graafi (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

9 MITTALAITTEEN TESTAUS JA TULOKSET

9.1 Testaaminen

Kuvassa 39 on mittalaitteen testaus käynnissä. Testikappaleena on pieni pala belttiä josta oli uramitat määritetty silikoninapeilla.



KUVA 38 Testikappaleen mittaaminen (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

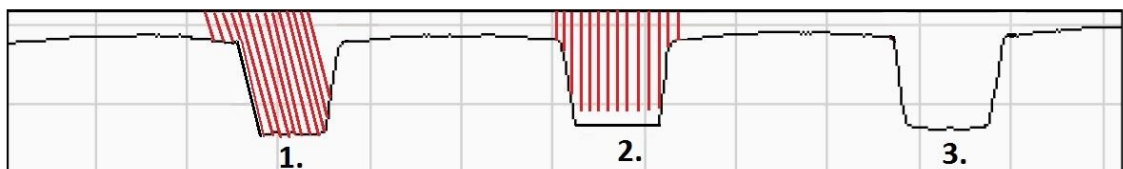
Yleensä testaamista hankaloitti hieman se, että urituskone oli lähes koko ajan käytössä ja testauksen ajaksi tuotanto piti keskeyttää. Mittalaitteen kaikki mekaaniset osat sai kuitenkin testattua urituksen aikana. Mittapäättä piti kertaalleen hieman siirtää, koska se tuli urituskoneen terän vaihdon yhteydessä hieman tielle, mutta siirto oli vain muutaman tunnin työ. Seuraavaksi huomattiin ongelma belttien valukoneiden aiheuttaman resonanssin kanssa. Valukoneissa pyöritetään noin 14 metriä pitkiä rumpuja, jotka aiheuttavat paljon värinää tehtaassa rakenteisiin. Paneeli-pc:n kotelo jouduttiin laittamaan melko pitkän varren päähän ja se joutui resonanssiin valumuottien kanssa. Painavan kotelon

heilunta alkoi heiluttaa urituskonetta, jolloin terän ja uritettavan beltin etäisyys vaihteli. Tämä kuitenkin saatiin korjattua lisäämällä muutama lisätuki kotelolle. Tämän jälkeen mekaanisia ongelmia ei ilmennyt.

Seuraavaksi testattiin mittausnopeutta. Tarkoitus oli testata suurin mittausnopeus, johon mittalaite pystyy, josta sitten määritettiin 20 % vähemmän käytettäväksi mittausnopeudeksi. Tämä voitiin testata urittamattomaankin belttiin, sillä beltin pinnan profiililla ei ollut merkitystä laskettavan datan määrän. Testeissä ilmeni kuitenkin heti sellainen ongelma, että mittaus katkesi noin 10 sekunnin mittauksen jälkeen. Nopeudella ei ollut vaikutusta asiaan. Käyttöliittymässä on myös niin sanottu "salavalikko" josta pääsee seuraamaan sisään tulevaa dataa. Sieltä pystyimme seuraamaan, että pulssianturin antama pulssi katosi kesken mittauksen. Pulssianturi antaa yhdellä akselin kierroksella 8192 pulssia, mittaus pysähtyi aina noin 90 000:n pulssin kohdalla. Pulssianturi vaihdettiin uuteen ja tämä ongelma poistui.

Urittamatonta beltin mitattaessa laitteisto pysyi mukana vielä 5 m/min mittausnopeudesta, joten käytettäväksi mittausnopeudeksi sovittiin 4 m/min. Näin ollen tavoitteena ollut 15 minuutin mittausaika (2 min asetusaikoinen) 14 metrin beltillä toteutui noin 6 minuutissa.

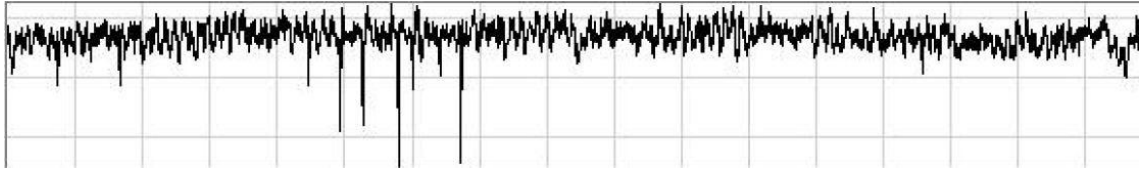
Seuraavaksi testattiin uritettuja belttejä. Ensimmäisenä tarkkailtiin uraprofiilin muotoa, josta näkee osuuko laseranturi kohtisuorassa uriin. Kuvassa 40 on nähtävissä miten viistossa tuleva laser (1) aiheuttaa terävän reunan uran etummaiseen sivuun. Tasapohjainen ura viittaa siihen, että laser on poissa mittausalueelta eikä mittaa uran pohjalle asti (2). Oikeanlainen mittaustulos näkyy kohdassa 3. Uraprofiilia seurattaessa ei huomattu puutteita laseranturin linjauksessa.



KUVA 39 Uraprofiilin tulkinta (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Uragraafissa kuitenkin näkyi epämääräisiä piikkejä (kuva 41), jotka vaikuttavat huomattavasti laskettuun keskiarvoon. Myöhemmin käytettävä laskentaohjelma ei suostu käyt-

tämään epätasaista dataa. Mitattava beltti tutkittiin, mutta siitä ei löydetty vikaa. Useita mittauksia tehtiin eri nopeuksilla ja eri belteille, kuitenkin aina graafista löytyi useita piikkejä.



KUVA 40 Uragraafin tulkinta (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

Vikaa alettiin etsiä kytkemällä pulssianturi oskilloskooppiin ja liikuttamalla urituskonetta hitaasti eteenpäin. Oskilloskoopilla havaittiin, että pulssianturin signaalissa oli epä säännöllisesti häiriöitä. Tämän arveltiin johtuvan urituskonetta liikuttavien suurien askelmootoreiden aiheuttamista magneettikentistä. Tässä vaiheessa huomattiin, että pulssianturille menevän johdon häiriösuoja ei ollut maadoitettuna. Häiriösuojan maadoituksella häiriöt saatiin poistettua ja mittauks tulokset näyttivät normaaleilta.

9.2 Tulokset

Mittalaite pystyy tuottamaan dataa, joka voitiin ajaa laskentaohjelman läpi. Laskentaohjelman tulokset eivät kuitenkaan olleet joka kerta täysin luotettavia. Ilmeisesti laskentaohjelma reagoi liikaa, jos datassa on vähänkin poikkeamia. Eri versioita laskentaohjelmasta oli kehitteillä ja kokeilussa. Opinnäytetyöntekijällä alkoi tässä vaiheessa työt toisessa yrityksessä, joten hänen osaltaan työ oli valmis.

10 POHDINTA

Alun perin opinnäytetyöni tarkoituksena oli kehittää kannettavan skannerin käytettävyyttä eteenpäin, ja sen jälkeen tuoda se osaksi tuotannossa tehtävää mittausta. Skanneria tutkittuani huomasin kuitenkin, että se on aivan liian hidas. Syyksi paljastui todennäköisesti liian hidas muistikortti, jota skannerin paneeli-pc käytti kovalevynään. Vaikka tällä havainnolla ei lopulta ollut valmistetun mittalaitteen kannalta mitään merkitystä, oli siitä kuitenkin apua skannerin parannuksissa.

Skanneria kuitenkin sovitettiin urituskoneelle. Vaikka siitä olisi saatu nopeampi, ei se silti olisi ollut hyvä vaihtoehto urien mittaukseen. Skanneri kuitenkin oli akkukäyttöinen, käyttöliittymä/ohjelma oli melko epävakaa ja skannerin käyttö urituskoneella olisi ollut melko hankalaa ja epätarkkaa.

Tässä vaiheessa opinnäytetyöni aiheeksi ehdotettiin, että vertailen eri mittaustapoja ja niiden tarkkuutta. Ehdotin kuitenkin, että valmistaisin itse urituskoneelle uuden mittalaitteen, joka pohjautuisi skannerin toimintaperiaatteeseen. Tämä idea hyväksyttiin ja sitä alettiin toteuttaa.

Vaikkaalani on konetekniikka, minulla on silti aika vahva pohja myös sähkötekniikasta ja osaksi tietotekniikastakin. Mittalaitteen kaiken mekaniikan suunnittelu ja valmistus oli melko helppoa ja suoraviivaista. Suurimmat ongelmat olivat tilanpuute, värinä ja pölyn määrä urituskoneella. Nämä ongelmat saatiin kuitenkin ratkottua. Käyttöliittymän ohjelmoinnista minulla ei ollut kokemusta sekä anturitekniikastakin vain perusteet. Siksi ohjelman "kirjoittamiseen" valittiin Ari Lindroos, joka minun ohjeillani teki käyttöliittymästä sellaisen kuin halusin. Arin kanssa myös suoritettiin anturien testaus ja ongelmien ratkonta.

Mielestäni työ onnistui hyvin, vaikka se periaatteessa jäi testausvaiheeseen hieman kesken. Tämä johtui siitä, että kun paneeli-pc tilattiin, oli sen toimitusaika luvatussa 1-2 viikon sijaan yli kuusi viikkoa. Tästä johtuen mittalaitetta ei päästy testaamaan, vaikka se oli jo muuten valmis. Tällä välin oli kuitenkin hyvin aikaa siirtää mittapäättä kertaalleen työntekijöiden toiveiden mukaan. Tärkeää oli saada mittapää siten, että se ei häiritse mitenkään työntekijöiden työntekoa urituskoneella.

LÄHTEET

Rainer G. Dorsch, Gerd Häusler and Jurgen M. Herrmann: Laser triangulation

Metso: Belt measurement and reporting.pdf

Metso: Basics of BeltScanReport.pdf

National Instruments: NI USB-6210,
(<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/fi/nid/203223>)

Sick Sensor Intelligence (<http://www.sick.com>)

Satu Hagfors: Belt for extreme shoe press conditions.pdf

Satu Hagfors, Juha Ruotsi: Improved dewatering and production efficiency trough 360Rolls.ppt


Metso: Blackbelt general -short.pdf

Festo pneumatic cylinders (http://www.festo.com/cat/fi_fi/products)

LIITTEET

Liite 1. Mittauspöytäkirja

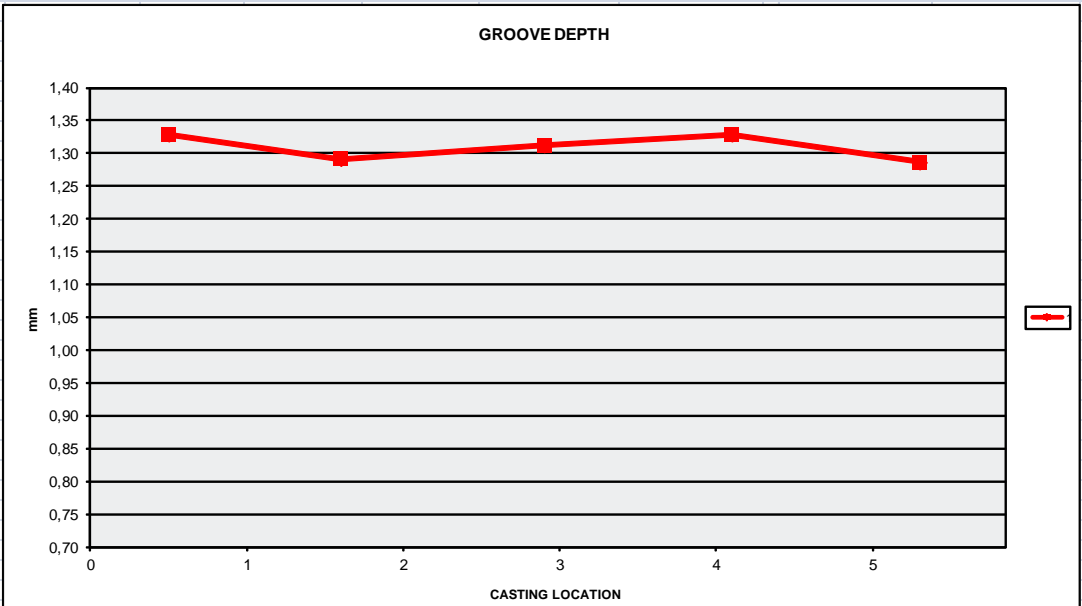
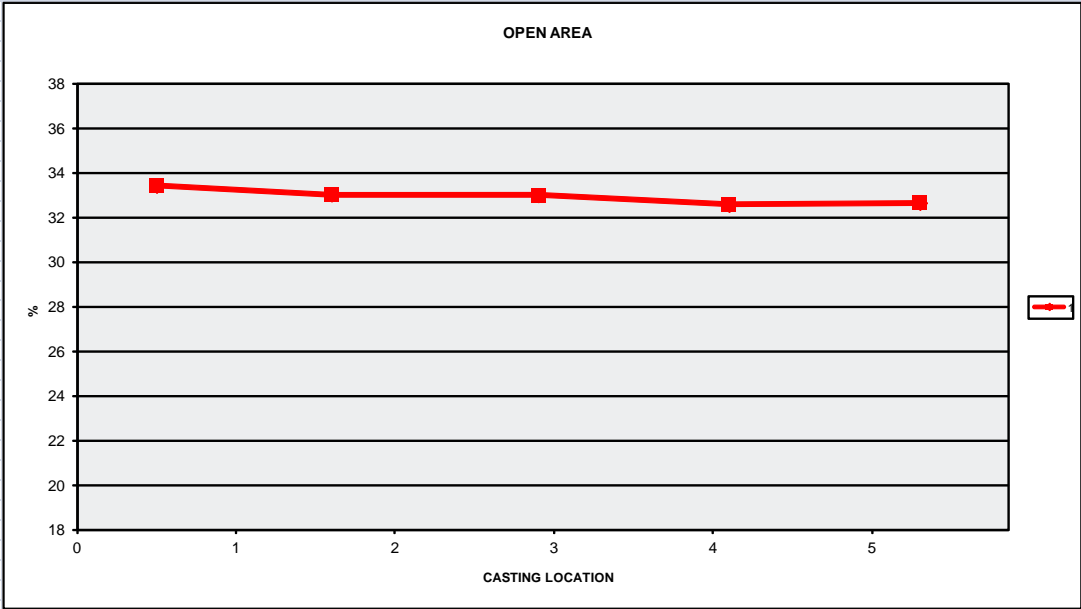
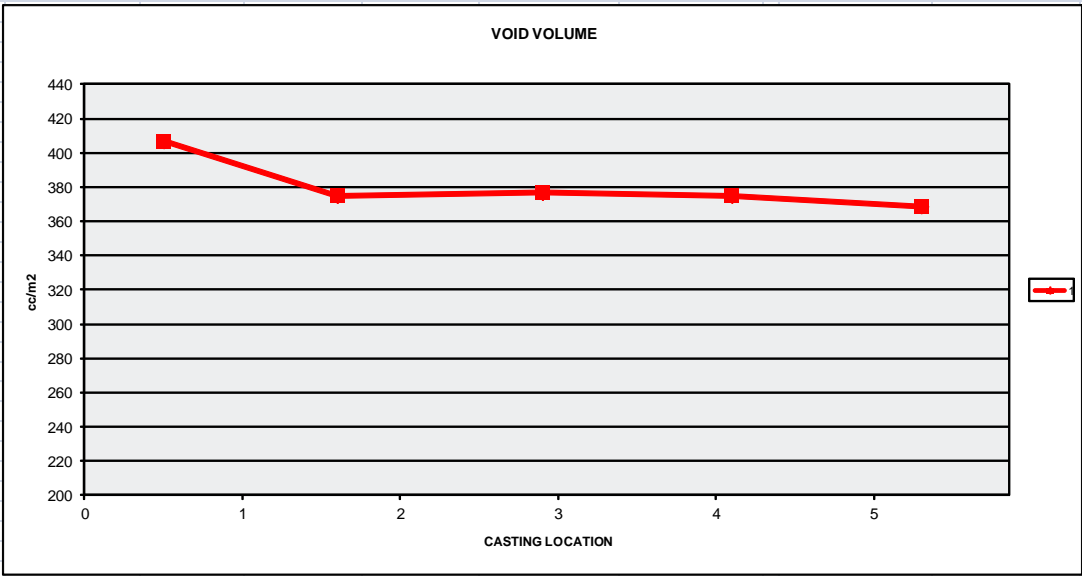
Liite 2. Uramittalaitteen käyttöohje



PRESS SLEEVE VOID VOLUME

CUSTOMER		STE / Ingerois					
MILL							
PM#		K4	POSITION		Belt		
SLEEVE MANUFACTURER		Metso Fabrics		SERIAL #	152299		
SAMPLE DATE		16.1.2013		WIDTH	5855		
SAMPLE #	LOCATION	GROOVE		LAND WIDTH	CROSS AREA	OPEN AREA	VOID VOLUME
	m (fr. D.S.)	WIDTH (mm)	DEPTH (mm)	mm	mm2	%	cm³/m²
1	0,50	0,91	1,35	1,78	1,16	33,80	429,37
		0,91	1,31	1,85	1,06	33,03	384,90
						#JAKO/O!	#JAKO/O!
AVERAGE		0,9110	1,3290	1,8157	1,1094	33,41	406,93
SAMPLE #	LOCATION	GROOVE		LAND WIDTH	CROSS AREA	OPEN AREA	VOID VOLUME
	m (fr. D.S.)	WIDTH (mm)	DEPTH (mm)	mm	mm²	%	cm³/m²
2	1,60	0,89	1,31	1,78	1,01	33,18	378,16
		0,89	1,27	1,81	1,00	32,87	371,78
						#JAKO/O!	#JAKO/O!
AVERAGE		0,8860	1,2916	1,7970	1,0060	33,02	374,96
SAMPLE #	LOCATION	GROOVE		LAND WIDTH	CROSS AREA	OPEN AREA	VOID VOLUME
	m (fr. D.S.)	WIDTH (mm)	DEPTH (mm)	mm	mm²	%	cm³/m²
3	2,90	0,90	1,32	1,92	1,05	31,86	370,46
		0,90	1,30	1,74	1,01	34,12	382,40
						#JAKO/O!	#JAKO/O!
AVERAGE		0,9000	1,3125	1,8312	1,0276	32,99	376,67
SAMPLE #	LOCATION	GROOVE		LAND WIDTH	CROSS AREA	OPEN AREA	VOID VOLUME
	m (fr. D.S.)	WIDTH (mm)	DEPTH (mm)	mm	mm²	%	cm³/m²
4	4,10	0,91	1,27	1,82	0,99	33,33	360,53
		0,85	1,39	1,82	1,04	31,78	390,02
						#JAKO/O!	#JAKO/O!
AVERAGE		0,8798	1,3290	1,8220	1,0134	32,55	375,00
SAMPLE #	LOCATION	GROOVE		LAND WIDTH	CROSS AREA	OPEN AREA	VOID VOLUME
	m (fr. D.S.)	WIDTH (mm)	DEPTH (mm)	mm	mm²	%	cm³/m²
5	5,30	0,89	1,30	1,81	1,03	32,87	381,57
		0,89	1,27	1,85	0,97	32,42	356,41
						#JAKO/O!	#JAKO/O!
AVERAGE		0,8868	1,2864	1,8297	1,0021	32,65	368,92
SAMPLE#	LOCATION	GROOVE		LAND WIDTH	CROSS AREA	OPEN AREA	VOID VOLUME
	m (fr. D.S.)	WIDTH (mm)	DEPTH (mm)	mm	mm²	%	cm³/m²
1	0,50	0,91	1,33	1,82	1,11	33,4	407
2	1,60	0,89	1,29	1,80	1,01	33,0	375
3	2,90	0,90	1,31	1,83	1,03	33,0	377
4	4,10	0,88	1,33	1,82	1,01	32,6	375
5	5,30	0,89	1,29	1,83	1,00	32,6	369
AVG		0,89	1,31	1,82		32,9	380

(jatkuu)



Uramittalaitteen käyttöohje

Laatija: Tuomas Suoranta

04.07.2013

1. Koeurituksen mitta

1.1 Asetukset

Puhdista mitattava alue paineilmalla.

Aja urituskone siten, että mittapään laser on mitattavan uritusalueen reunassa.

Mittaus voidaan tehdä samalla nopeudella kuin uritus, mutta kuitenkin maksimissaan 4 m/min.

1.2 TAVOITEARVOT –välilehti (kuva 1)

Kosketa tekstikenttää. Sen muuttuessa keltaiseksi, se on aktivoitu. Näppäile numero.

Tavoitearvoiksi syötetään ne arvot, jotka löytyvät ”Beltin viimeistelypöytäkirjasta”.

Uramitoissa voidaan käyttää joko valmiita arvoja, tai ”oma” painikkeella syöttää itse arvot.

Jos kyseessä on katkourallinen beltin, kosketa katkouralaatikkaa, jolloin siihen tulee rasti.

Lopuksi siirry ”KOEURITUS” -välilehdelle.

The screenshot shows the 'TAVOITEARVOT' (Target Values) screen. At the top are three buttons: 'TAVOITEARVOT', 'KOEURITUS', and 'MITTAUS'. The main area contains a numeric keypad (0-9, C, -, .) on the left. In the center, there are input fields for:

- BELT N:o: 123456
- URASYVYYS mm: 1.2
- URALEVEYS mm: 0.8
- KANNAS mm: 1.9
- VESITILA g/m2: 390 (highlighted in yellow)

 On the right, there are three radio button groups:

- KATKOURA: A single radio button.
- First group: oma, 1.1, 1.2 (selected), 1.3.
- Second group: oma, 0.8 (selected), 0.9, 1.0, 1.1, 1.3.
- Third group: oma, 1.3, 1.8, 1.9 (selected).

KUVA 41: TAVOITEARVOT (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

1.3 KOEURITUS –välilehti (kuva 2)

Mittauksen aloitus:

Paina ”ALOITA MITTAUS”

Mittapää liikkuu kiinni beltiin ja laser tulee päälle.

Laita urituskone liikkeelle asetetulla nopeudella uritetun alueen yli. (Jos urituskoetta ei laiteta liikkeelle viidessä sekunnissa, ohjelma katkaisee mittauksen.)

Mittauksen aikana näytöllä näkyy uran profiili.

Mittauksen lopetus:

Pysäytä urituskone uritetulla alueella.

Paina ”LOPETA MITTAUS”.

Tarkista, että mittapään tukipyörä irtosi beltistä ja laser meni pois päältä, viive noin viisi sekuntia.

Paina ”LASKE”, jolloin mittaustuloksien keskiarvot tulevat näkyviin näytön alareunaan.

Tulokset tallennetaan tietokantaan automaattisesti.

(jatkuu)



KUVA 42: KOEURITUS (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

2. Valmiin beltin mittaus

2.1 Asetukset

Puhdista urat paineilmalla hionnan jälkeen.

Aja urituskone ura-alueen reunaan siten, että mittapään laser on ura-alueen reunassa.

Kuitenkin jo viistealueen ylitse.

Aseta urituskoneen siirtonopeudeksi enintään 4 m/min.

2.2 MITTAUS –välilehti (kuva 3)

Mittauksen aloitus:

Paina ”ALOITA MITTAUS”.

Mittapää liikkuu kiinni beltin ja laser tulee päälle.

Laita urituskone liikkeelle asetetulla nopeudella uritetun alueen yli. (Jos urituskoetta ei laiteta liikkeelle viidessä sekunnissa, ohjelma katkaisee mittauksen.)

Mittauksen aikana näytöllä näkyy otteita uran profiilista.

Mittauksen lopetus:

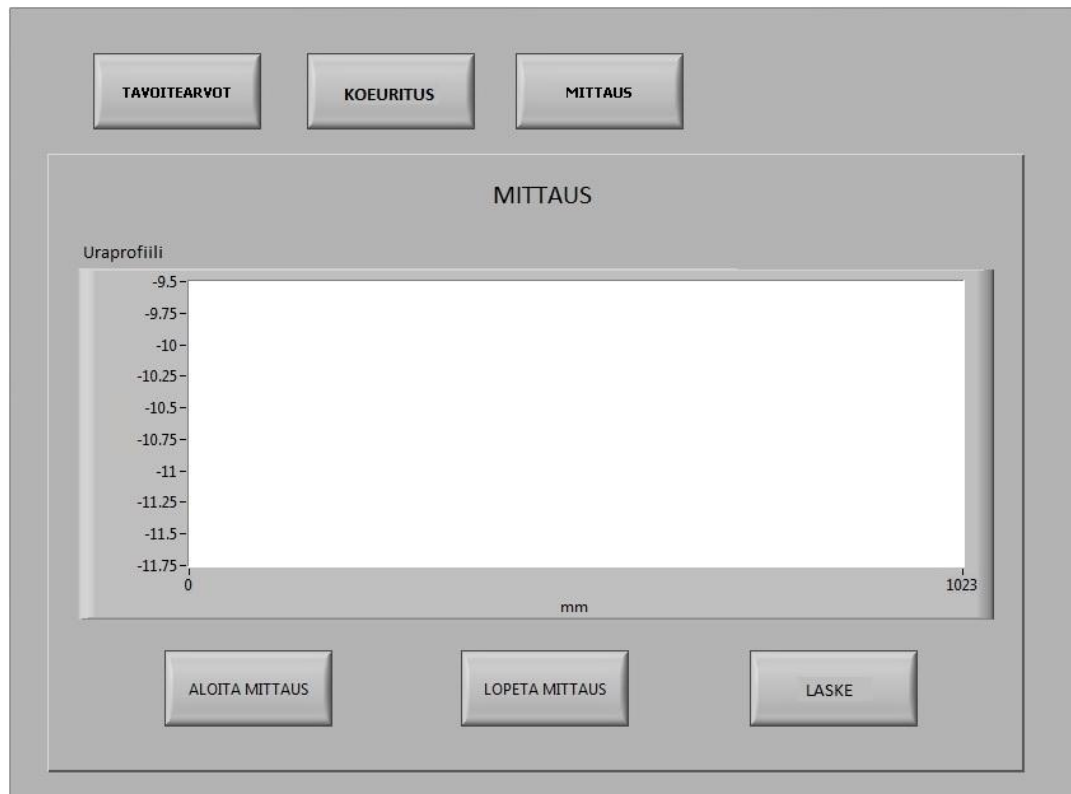
(jatkuu)

Pysäytä urituskoneen liike juuri ennen viisteen alkua.

Paina ”LOPETA MITTAUS”.

Tarkista, että mittapään tukipyörä irtosi beltistä ja laser meni pois päältä, viive noin viisi sekuntia.

Paina ”LASKE”, jolloin ”MITTAUSTULOSET” –ikkuna avautuu, sekä mittaus tallentuu tietokantaan.



KUVA 43: MITTAUS (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)

2.3 MITTAUSTULOKSET –ikkuna (kuva 4)

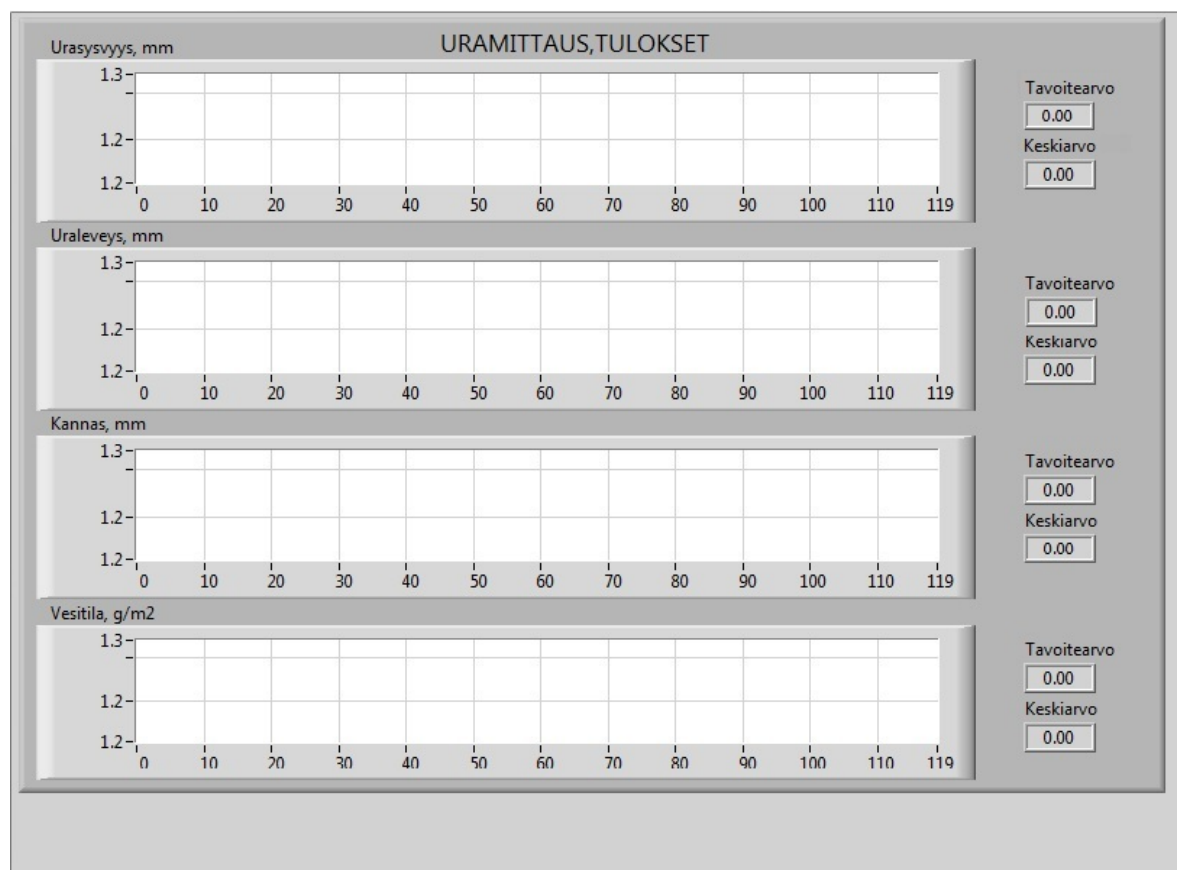
Laskenta kestää beltin pituudesta riippuen noin 5 – 30 sekuntia.

Graafista näkee arvojen vaihtelun koko mitatun alueen leveydeltä.

Oikeassa reunassa näkyy syötetty tavoitearvo, sekä mitattu keskiarvo.

Lopuksi paina ”EXIT”, jolloin ohjelma palaa ”MITTAUS” välilehdelle.

Jos mittaus on jostain syystä epäonnistunut, tee mittaus uudelleen.



KUVA 44: MITTAUSTULOKSET (Kuva: Tuomas Suoranta 2013)